



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Γεωπονικών Επιστημών

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού
Περιβάλλοντος**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**«Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση
Περιβάλλοντος»**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΖΙΖΑΝΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**«Διερεύνηση της ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα πληθυσμών
μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (*Galium aparine* L.) »**



Τσιπνή Ειρήνη

Βόλος, 2019

**«Διερεύνηση της ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα πληθυσμών
μεγαλόκαρπης κολλητισίδας (*Galium aparine* L.)»**

Τσιπνή Ειρήνη

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Καρκάνης Ανέστης (Επιβλέπων)

Επίκουρος Καθηγητής Ζιζανιολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δαναλάτος Νικόλαος (Μέλος)

Καθηγητής Γεωργίας-Οικολογίας Φυτών Μεγάλης Καλλιέργειας,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αθανασίου Χρήστος (Μέλος)

Καθηγητής Εντομολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Copyright © *Τσιπνή Ειρήνη*, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Πρόλογος

Στην συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή αξιολογήθηκε η ανθεκτικότητα τριών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας σε ζιζανιοκτόνα αναστολείς του ενζύμου της οξικογαλακτικής συνθάσης.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ανέστη Καρκάνη τόσο για την ανάθεση του θέματος όσο και για την συνεχή καθοδήγηση, τις διευκρινίσεις και συμβουλές κατά την διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος αλλά και της συγγραφής της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους Καθηγητές κ. Νικόλαο Δαναλάτο και κ. Χρήστο Αθανασίου για τις πολύτιμες συμβουλές τους, αλλά και για τον χρόνο που διέθεσαν για την μελέτη της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχουν παρατηρηθεί σε αρκετές καλλιέργειες πληθυσμοί διαφόρων ζιζανίων με ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα. Ορισμένα ζιζάνια για τα οποία παρατηρήθηκε ότι δεν αντιμετωπίζονται πιτυχώς σε καλλιέργειες χειμερινών σιτηρών είναι η μεγαλόκαρπη κολλητσίδα (*Galium aparine*) και η μικρόκαρπη κολλητσίδα (*Galium spurium*). Στην παρούσα διατριβή πραγματοποιήθηκε πείραμα στον υπαίθριο χώρο της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, κατά την περίοδο Ιανουάριος έως Μάιος 2017, για τη διερεύνηση της ανάπτυξης ανθεκτικότητας διαφόρων πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας. Αξιολογήθηκε η αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων bromoxynil+2,4-D, tribenuron-methyl, florasulam+2,4-D και mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium έναντι τριών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2 και Π3) οι οποίοι προέρχονταν από καλλιέργειες σκληρού σιταριού (*Triticum durum* Desf) από την περιοχή του Δομοκού. Οι δόσεις που εφαρμόστηκαν ήταν η συνιστώμενη (x) και πολλαπλάσιες της συνιστώμενης (2x, 4x και 8x). Τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι οι βιότυποι Π2 και Π3 ήταν ανθεκτικοί στα ζιζανιοκτόνα που αναστέλλουν το ένζυμο οξικογαλακτική συνθετάση (florasulam, tribenuron-methyl και mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium), ενώ το ζιζανιοκτόνο bromoxynil καταπολέμησε αποτελεσματικά όλους τους βιοτύπους. Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ του ευαίσθητου και των ανθεκτικών πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας ως προς την ανάπτυξης τους.

Summary

Cleavers (*Galium aparine* L.) populations originating from durum wheat fields in Domokos region were evaluated in a pot experiment for resistance to herbicides. The pot experiment was conducted at the University of Thessaly during the period of January to May 2017. Herbicides treatments were bromoxynil+2,4-D, florasulam+2,4-D, mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, and tribenuron-methyl. These herbicides were applied at 1x (max recommended dose for each herbicide), 2x, 4x and 8x. Cleavers control was evaluated by determining the above-ground dry weight of plants. Our results showed that the populations Π2 and Π3 have developed resistance to herbicides florasulam, tribenuron-methyl, mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium (ALS herbicides), while both populations were susceptible to bromoxynil+2,4-D. Finally, there were no significant differences between the susceptible and resistant *G. aparine* populations concerning the height, fresh and dry aboveground biomass of plants.

«Εγώ η Τσιπνή Ειρήνη, είμαι η συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Όποια συνεργασία καθώς και το μέγεθος αυτής δηλώνονται επακριβώς στο αντίστοιχο πεδίο αυτής της διατριβής. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος».

«Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από την κα Τσιπνή Ειρήνη».

1^ο: Εισαγωγή-ανασκόπηση βιβλιογραφίας

1.Βιολογία και βοτανικοί χαρακτήρες της κολλητσίδα

Η μεγαλόκαρπη κολλητσίδα (*Galium aparine* L.) είναι ένα κοινό δικοτυλήδονο ζιζάνιο που ανήκει στην οικογένεια Rubiaceae (Bauer et al., 2011) και προκαλεί σημαντικές απώλειες σε καλλιέργειες σιτηρών και άλλων καλλιεργειών παγκοσμίως (Peng et al., 2008). Στην Ελλάδα τρία είδη παρουσιάζουν ζιζανιολογικό ενδιαφέρον: το *G. spurium* (η μικρόκαρπη κολλητσίδα) που είναι και το συνηθέστερο σε καλλιέργειες σιτηρών, το *G. aparine* (μεγαλόκαρπη κολλητσίδα) και το *G. triconurtum* (κυρτόκαρπη κολλητσίδα) που δεν συναντάται συχνά. Όπως και στην Ελλάδα και σε άλλες χώρες όπως είναι ο Καναδάς, η Γερμανία κ.ά., η μικρόκαρπη κολλητσίδα (*Galium spurium* L.) θεωρείται ως το πιο διαδεδομένο είδος κολλητσίδας (Γιαννοπολίτης, 1994; Λόλας, 2014). Την κολλητσίδα τη συναντάμε σε μια ποικιλία διαφορετικών φυσικών και ανθρωπογενών οικοτόπων (πχ. δάση, θαμνότοπους και αροτραίες καλλιέργειες όπως τα φθινοπωρινά σιτηρά, την ελαιοκράμβη και τα ζαχαρότευτλα (Goodman, 2005; Aziz et al., 2009; Bauer et al., 2011).

Πίνακας 1. Βοτανική ταξινόμηση της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας.

Βασίλειο	Plantae
Φύλο	Angiosperms
Κλάση	Eudicots
Τάξη	Rubiales
Οικογένεια	Rubiaceae
Γένος	<i>Galium</i>
Είδος	<i>G. aparine</i>

Το *Galium aparine* είναι ένα ταχέως αναπτυσσόμενο, ετήσιο ζιζάνιο που υπάρχει στην Ευρώπη και ήταν παρών στις καλλιέργειες στην ανατολική Αμερική πριν το 1860 (Tobyn et al., 2011). Το φυτό είναι έρπων ή αναρριχώμενο, με τετράγωνο βλαστό (Εικόνα 1), ενώ σχηματίζει και πλευρικούς βλαστούς (Goodman, 2005). Σχηματίζει κυματώδη ταξιανθία στην οποία υπάρχουν 2-5 άνθη. Η διάταξη των φύλλων είναι σπονδυλωτή (Εικόνα 2) και σε κάθε κόμβο φύονται έξι έως οκτώ φύλλα (Goodman, 2005; Tobyn et al., 2011). Τα άνθη είναι λευκά, έχουν τέσσερα πέταλα και εμφανίζονται κυρίως στα τέλη της άνοιξης σε συστάδες που φύονται στην βάση των φύλλων (Tobyn et al., 2011; Λόλας, 2014).



Εικόνα 1. Τετράγωνος βλαστός της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας

Το *G. aparine* διακρίνεται από το μήκος των στελεχών του και τα λευκά του άνθη και έχει μεγαλύτερες κοτυληδόνες σε σχέση με το *Galium spurium* (Tobyn et al., 2011; Λόλας, 2014). Το *Galium spurium* έχει παρόμοια μορφολογία, με στέλεχος που έχει μήκος έως 1 m και κίτρινα άνθη (Tobyn et al., 2011).



Εικόνα 2. Σπονδυλωτή διάταξη της κολλητσίδας.

Το είδος *G. aparine* είναι “κοσμοπολίτικο” ζιζάνιο με υψηλό βαθμό μορφολογικής και φυσιολογικής πλαστικότητας (Goodman, 2005; Bauer et al.,

2011). Ως τυπικό είδος αναρρίχησης, οι βλαστοί του *G. aparine* χάνουν την μηχανική αυτοσταθερότητα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του και χρησιμοποιούν παρακείμενα φυτά για την αναρρίχηση τους (Goodman, 2005; Bauer et al., 2011; Steinbrecher et al., 2011). Η προσκόλληση του φυτού στη περιβάλλουσα βλάστηση πραγματοποιείται κυρίως με τα φύλλα του που έχουν αγκυλωτές τρίχες (Bauer et al., 2011). Το συγκεκριμένο ζιζάνιο έχει μεγάλο δυναμικό αναπαραγωγής και συνήθως παράγει από 100 έως 400 σπόρους που καλύπτονται με τρίχες, μέσω των οποίων προσκολλώνται στο τρίχωμα των ζώων, διευκολύνοντας έτσι τη διασπορά τους (Moore, 2011). Το φυτό σε μεγάλο βαθμό αυτογονιμοποιείται και οι σπόροι του είναι βιώσιμοι για μόλις 2-3 χρόνια. Προτιμά υγρά, αργιλώδη εδάφη, πλούσια σε οργανική ουσία, με την τιμή του pH να κυμαίνεται μεταξύ 5.5 και 8 (Defelice, 2002).

Όσον αναφορά τη χρήση του φυτού ως βότανο, το *G. aparine* περιέχει διάφορα συστατικά όπως διάφοροι ανθρακινόνες, αλκάνια, φλαβονοειδή, τανίνες, πολυφαινόλικά οξέα και βιταμίνη C και το αφέψημα ολόκληρου του φυτού χρησιμοποιείται ως τσάι (Bokhari et al., 2013).

1.2. Ανθεκτικότητα-Γενικά στοιχεία

Η εισαγωγή εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων στα τέλη της δεκαετίας του 1940 και η συνεχής ροή νέων ζιζανιοκτόνων μεταγενέστερα, προσέφεραν στους αγρότες ένα σύγχρονο χημικό εργαλείο για τη μείωση της ανάπτυξης των ζιζανίων και την αύξηση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών. Η εξάρτηση από τα ζιζανιοκτόνα για τον έλεγχο των ζιζανίων έχει ωστόσο οδηγήσει σε αλλαγές στη χλωρίδα των ζιζανίων και στην επιλογή ανθεκτικών βιοτύπων στα ζιζανιοκτόνα (Kudsk and Streibig, 2003). Η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα αποτελεί σοβαρό πρόβλημα και από τα τέλη της δεκαετίας του '60 υπήρξε αύξηση στον αριθμό των ανθεκτικών ειδών που καταγράφηκαν σε όλο τον κόσμο. Ορισμένες από τις νεότερες ομάδες ζιζανιοκτόνων φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στην ανθεκτικότητα (Kukorelli et al., 2013).

Η ανθεκτικότητα των ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα αποτελεί σημαντική ανησυχία για την γεωργική παραγωγή παγκοσμίως και απαιτείται ιδιαίτερη

προσοχή. Η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα αποδίδεται συχνά στην έλλειψη προγραμμάτων εναλλαγής των ζιζανιοκτόνων και στις συνεχείς εφαρμογές ζιζανιοκτόνων με τις ίδιες θέσεις δράσης (Beckie et al., 2006). Οι επαναλαμβανόμενες εφαρμογές ζιζανιοκτόνων με παρόμοιους τρόπους δράσης ασκούν ισχυρή πίεση επιλογής στους πληθυσμούς ζιζανίων στόχων, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολυάριθμες περιπτώσεις ανθεκτικότητας στα ζιζανιοκτόνα παγκοσμίως (Moss et al., 2019).

Μέχρι τον Αύγουστο του 2018, είχε επιβεβαιωθεί η ανθεκτικότητα σε 255 είδη ζιζανίων, σε 92 είδη καλλιεργειών και σε 70 χώρες, επηρεάζοντας την αποτελεσματικότητα 163 διαφορετικών ζιζανιοκτόνων σε 23 από τις 26 γνωστές θέσεις δράσης (Heap, 2018).

1.3. Είδη ανθεκτικότητας

Ο Ελευθεροχωρινός (2008), αναφέρει ότι ο όρος ανθεκτικότητα είναι «*η επιλεγμένη κληρονομική ικανότητα μερικών βιοτύπων ενός ζιζανίου να επιβιώνουν μετά από εφαρμογή της συνιστώμενης δόσης ενός ζιζανιοκτόνου, στο οποίο ο αρχικός πληθυσμός του ζιζανίου ήταν ευαίσθητος*», ενώ δύο τύποι ανθεκτικότητας είναι η **σταυρανθεκτικότητα** (cross resistance) και η **πολλαπλή ανθεκτικότητα** (multiple resistance).

Ως σταυρανθεκτικότητα ορίζεται η ανθεκτικότητα ενός είδους ζιζανίου σε δύο ή περισσότερα ζιζανιοκτόνα που έχουν ίδιο μηχανισμό δράσης. Η ανθεκτικότητα ελέγχεται από ένα γονίδιο (Beckie and Tardif, 2012). Η πολλαπλή ανθεκτικότητα αναφέρεται στην «ανθεκτικότητα ενός βιοτύπου ζιζανίου σε περισσότερα από ένα ζιζανιοκτόνα που ανήκουν σε οικογένειες με διαφορετικούς τρόπους δράσης» (Ελευθεροχωρινός, 2008; Beckie and Tardif, 2012).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως έχει αναπτυχθεί ανθεκτικότητα σε διάφορα ζιζανιοκτόνα σε όλο τον κόσμο. Η atrazine είναι το ζιζανιοκτόνο για το οποίο έχουν επιβεβαιωθεί οι περισσότεροι ανθεκτικοί πληθυσμοί (66), ακολουθεί το imazethapyr με 44, και στη συνέχεια το tribenuron-methyl (43), το imazamox (37), το chlorsulfuron (36), το metsulfuron-methyl (35), το

glyphosate (34), το iodosulfuron-methyl-sodium (33), το fenoxaprop-P-ethyl (31), η simazine (31), το bensulfuron-methyl (29), το thifensulfuron-methyl (27), το fluazifop-P-butyl (25), το pyrazosulfuron-ethyl (25) (Vrbničanin et al., 2017).

1.4 Μηχανισμοί ανθεκτικότητας

Διαφορετικοί μηχανισμοί προσδίδουν στα ζιζάνια ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα, όπως οι εξής: η μειωμένη απορρόφηση του ζιζανιοκτόνου, η τροποποίηση της θέσης δράσης, ο μειωμένος ρυθμός μετακίνησης του ζιζανιοκτόνου, η τροποποίηση στην ενδοκυτταρική κατανομή-μετακίνηση από τη θέση δράσης στο χυμοτόπιο (Fu et al., 2017).

Σύμφωνα με τον Hear (2014), οι κυριότεροι μηχανισμοί που συμβάλλουν στην ανθεκτικότητα των ζιζανίων σε ζιζανιοκτόνα είναι:

1) Η ανθεκτικότητα στη θέση δράσης που προκύπτει από μεταλλάξεις που μεταβάλλουν τη θέση δέσμευσης του ζιζανιοκτόνου (πχ. ένα ένζυμο) αποτρέποντας ή μειώνοντας την ικανότητα ενός ζιζανιοκτόνου να δεσμεύεται στη θέση στόχο. Η ανθεκτικότητα σε αναστολείς ALS, αναστολείς ACCase, δινιτροανιλίνες και τριαζίνες οφείλεται στον παραπάνω μηχανισμό.

2) Ο ενισχυμένος μεταβολισμός είναι η αυξημένη ικανότητα ενός φυτού να μεταβολίζει-αποικοδομεί ένα ζιζανιοκτόνο πριν «σκοτώσει» το φυτό.

3) Η μειωμένη απορρόφηση και / ή μετατόπιση μπορεί να οδηγήσει σε επαρκή περιορισμό της κίνησης του ζιζανιοκτόνου στο σημείο δράσης που επιτρέπει στο φυτό να επιβιώσει.

4) Η απομόνωση (sequestration) ενός ζιζανιοκτόνου στο κυτταρικό τοιχώμα ή στο χυμοτόπιο μειώνει τη συγκέντρωση του ζιζανιοκτόνου που φθάνει στη θέση δράσης και μπορεί να οδηγήσει σε ανθεκτικότητα.

5) Η υπερ-έκφραση του γονιδίου αυξάνει την παραγωγή του ενζύμου στόχου και κατά συνέπεια απαιτεί υψηλότερη συγκέντρωση του ζιζανιοκτόνου για να φθάσει στη θέση στόχο για να αναστείλει το ένζυμο και να προκαλέσει το «θάνατο» του ζιζανίου.

Η ανάπτυξη της ανθεκτικότητας των περισσότερων ζιζανίων επηρεάζεται από παράγοντες που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του ζιζανίου, του ζιζανιοκτόνου και της πρακτικής διαχείρισης των ζιζανίων (DiTomaso, 2014). Η ανθεκτικότητα μπορεί να οφείλεται στην αυξημένη δραστικότητα των ενδογενών μονοοξυγενασών του κυτοχρώματος P450 (P450), των γλυκοζυλτρανσφερασών (GTs), της γλουταθειόνης S-τρανσφεράσης (GSTs) ή άλλων ενζυμικών συστημάτων που μεταβολίζουν τα ζιζανιοκτόνα. Τα ενζυμικά συστήματα P450s, GTs και GSTs παρουσιάζουν πολλούς ρόλους στον πρωτογενή και δευτερογενή μεταβολισμό και συμμετέχουν στην αποδόμηση των ζιζανιοκτόνων (Yu and Powles, 2014).

Η ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα επηρεάζεται επίσης, από την πίεση επιλογής που ασκείται στα είδη ζιζανίων που ελέγχονται από το ζιζανιοκτόνο. Η φύση κάθε συνδυασμού ζιζανιοκτόνου, ζιζανίων και ανθεκτικότητας καθορίζει τις πρακτικές που διέπουν τη χρήση διαφορετικών ζιζανιοκτόνων, επηρεάζοντας την πίεση επιλογής των ζιζανιοκτόνων (Broster et al., 2019).

1.5. Ανθεκτικότητα φθινοπωρινών ζιζανίων σε ζιζανιοκτόνα

Τα ζιζάνια *Avena* spp., *Lolium* spp., *Phalaris* spp., *Setaria* spp. και *Alopecurus myosuroides* αποτελούν τις πιο σοβαρές περιπτώσεις ζιζανίων με ανθεκτικότητα στους αναστολείς του ενζύμου καρβοξυλάση του ακετυλο-συνενζύμου A (ACCase), καθώς προκαλούν ζημιές σε περισσότερα από 25 εκατομμύρια εκτάρια σιτηρών παγκοσμίως. Κοινά ζιζάνια που έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στους αναστολείς του ενζύμου οξικογαλακτική συνθετάση (ALS) είναι τα *Lolium* spp., *Kochia scoparia*, *Stellaria media*, *Avena fatua* και *Papaver rhoeas*.

Το *Lolium rigidum* είναι το χειρότερο ανθεκτικό ζιζάνιο στον κόσμο, έχοντας αναπτύξει ανθεκτικότητα σε 11 μηχανισμούς δράσης σε 12 χώρες (Heap, 2014).

1.6. Ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα αναστολείς του ενζύμου οξικογαλακτική συνθάση (ALS)

Η παγκόσμια και συνεχής χρήση των ζιζανιοκτόνων-αναστολέων βιοσύνθεσης αμινοξέων με διακλαδισμένη αλυσίδα, οδήγησε στην ταχεία εξέλιξη ανθεκτικών πληθυσμών ζιζανίων στα ζιζανιοκτόνα αυτά. Η πρώτη περίπτωση ανθεκτικότητας που αναφέρθηκε ήταν στο *Lolium rigidum* στην Αυστραλία το 1982. Σε όλο τον κόσμο, 159 είδη ζιζανίων έχουν αναπτύξει ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα αυτά (Danni et al., 2017).

Η οξικογαλακτική συνθάση (ALS) αποτελεί το ένζυμο στόχο των ζιζανιοκτόνων που ανήκουν στις σουλφονουρίες, στις ιμιδαζολινόνες, στις τριαζολοπυριμιδίνες, στις σουλφονυλαμινοκαρβονυλτριαζολινόνες και στα πυριμιδινυλοβενζοϊκά (Ntoanidou et al., 2016). Η οξικογαλακτική συνθετάση αποτελεί το ένζυμο κλείδι κατά τη βιοσύνθεση των αμινοξέων διακλαδισμένης αλυσίδας: βαλίνης, λευκίνης και ισολευκίνης που απαιτούνται για την ανάπτυξη των φυτών και είναι ο στόχος των ζιζανιοκτόνων αναστολέων ALS (Weitang et al., 2017).

Η ανθεκτικότητα στους αναστολείς του ενζύμου ALS οφείλεται κατά κανόνα στη μείωση της ευαισθησίας του ενζύμου στο ζιζανιοκτόνο που προκαλείται από διακριτές μεταλλάξεις στο γονίδιο ALS. Μέχρι σήμερα έχουν ταυτοποιηθεί τουλάχιστον 28 αντικαταστάσεις αμινοξέων σε 8 θέσεις (η αλανίνη στη θέση 122 (Ala-122), η προλίνη στη θέση 197 (Pro-197), η αλανίνη στη θέση 205 (Ala-205), το ασπαρτικό οξύ στη θέση 376 (Asp-376), η αργινίνη στη θέση 377 (Arg-377), η τρυπτοφάνη στη θέση 574 (Trp-574), η σερίνη στη θέση 653 (Ser-653) και η γλυκίνη στη θέση 654 (Gly-654)) του γονιδίου ALS σε βιοτύπους ανθεκτικών ζιζανίων σε ζιζανιοκτόνα (Weitang et al., 2017). Μεταξύ αυτών των αντικαταστάσεων των αμινοξέων, οι πιο συχνές είναι στις θέσεις Pro-197 και Trp-574 και αυτό μπορεί να αντανακλά τα μοντέλα χρήσης των ζιζανιοκτόνων, την πίεση επιλογής και το κόστος για την ανάπτυξης των φυτών που σχετίζεται με μεταλλάξεις ALS (Yu and Powles, 2014; Ntoanidou et al., 2016).

Γενικά, οι μεταλλάξεις στη θέση Pro-197 προσδίδουν ανθεκτικότητα στις σουλφονουλουρίες και στις τριαζολοπυριδίνες, οι μεταλλάξεις στις θέσεις Ala-122, Ala-205, Ser-653 ή Gly-654 προσδίδουν ανθεκτικότητα στις ιμιδαζολινόνες και οι μεταλλάξεις στις θέσεις Asp-376, Arg-377 ή Trp-574 παρέχουν ευρύ φάσμα ανθεκτικότητας στα ζιζανιοκτόνα ALS (Danni et al., 2017).

1.7. Η ανθεκτικότητα της κολλητσίδας σε ζιζανιοκτόνα

Σε όλον τον κόσμο έχουν αναπτυχθεί διάφοροι πληθυσμοί-βιότυποι των ειδών *Galium* με ανθεκτικότητα σε διάφορα ζιζανιοκτόνα. Τα είδη *G. aparine* και *G. spurium* συγκαταλέγονται στα 10 πιο κοινά ζιζάνια στον Δυτικό Καναδά. Το 2008 εξετάστηκαν δύο πληθυσμοί του *G. spurium*, από τις περιοχές Tisdale και Choiceland, για ανθεκτικότητα στους αναστολείς ALS. Χρησιμοποιήθηκαν τα ζιζανιοκτόνα imazethapyr και florasulam, και το fluroxypyr. Από τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, σημειώθηκε ότι και οι δύο πληθυσμοί ήταν πολύ ανθεκτικοί στο imazethapyr, αλλά ευαίσθητοι στο fluroxypyr. Ο πρώτος πληθυσμός (Tisdale) ήταν εξαιρετικά ανθεκτικός στο florasulam, ενώ ο δεύτερος πληθυσμός (Choiceland) ήταν ευαίσθητος. Όλα τα άτομα από το Tisdale που εξετάστηκαν για το ζιζανιοκτόνο imazethapyr είχαν την μετάλλαξη Trp(574)Leu. Στα άτομα που εξετάστηκαν από τη περιοχή Choiceland εντοπίστηκαν τρεις σημειακές μεταλλάξεις: Ser(653)Asn, Trp(574)Leu και Asp(376)Glu. Αξίζει να αναφερθεί ότι δεν είχαν καταγραφεί οι συγκεκριμένες μεταλλάξεις σε αυτό το είδος τα προηγούμενα χρόνια (Beckie et al., 2012).

Σύμφωνα με τους Sun et al.(2011), τα τελευταία χρόνια στην Κίνα το *G. aparine* δεν ελέγχεται από το tribenuron-methyl στις καλλιέργειες χειμερινών σιτηρών. Στην παρούσα έρευνα, εντοπίστηκαν οι θέσεις μετάλλαξης στην αλληλουχία των αμινοξέων του ALS στον ανθεκτικό βιότυπο του *G. aparine*. Εξετάσθηκαν ευαίσθητοι (S) και ανθεκτικοί (R) βιότυποι του ζιζανίου και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στον ανθεκτικό βιότυπο του *G. aparine*, σε σχέση με τον ευαίσθητο, υπήρξαν τρεις μεταλλάξεις, εκ των οποίων και η μια ήταν στο κωδικόνιο 574, από τρυπτοφάνη σε γλυκίνη, η οποία μπορεί να είναι υπεύθυνη για την ανθεκτικότητα του *G. aparine* στο tribenuron-methyl.

1.8. Χημική καταπολέμηση του ζιζανίου *Galium aparine*

1.8.1. Γενικά

Τα ζιζάνια προκαλούν απώλειες απόδοσης και μειώσεις στην ποιότητα των καλλιεργειών (Plimmer et al., 2004) . Πριν από την εισαγωγή των εκλεκτικών ζιζανιοκτόνων, οι αγρότες για την διαχείριση των ζιζανίων συνδύαζαν προσεκτικά την εναλλαγή καλλιεργειών, τα κατάλληλα συστήματα καλλιέργειας και την αγρανάπαυση. Η εξάρτηση από τα ζιζανιοκτόνα για τον έλεγχο των ζιζανίων, ωστόσο, οδήγησε σε αλλαγές στην χλωρίδα των ζιζανίων και στην επιλογή βιοτύπων ανθεκτικών σε ζιζανιοκτόνα (Kudsk and Streibig, 2003). Η χρήση ζιζανιοκτόνων θεωρείται η πλέον αποτελεσματική και αποδοτική. Τα ζιζανιοκτόνα αποτελούν κρίσιμο παράγοντα της γεωργικής παραγωγικότητας και έχουν σημαντική οικονομική συμβολή στη γεωργική παραγωγή (Plimmer et al., 2004).

Από τις αρχές του 1990, έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για την καταπολέμηση της μεγαλόκαρπης κολλητισίδας διάφορα ζιζανιοκτόνα που αναστέλλουν το ενζύμο συνθετάση του οξικογαλακτικού οξέος (ALS) και ανήκουν στις χημικές ομάδες των σουλφονουλουριών και των τριαζολοπυριμιδινών.

1.8.2. Σουλφονουλουρίες

Οι σουλφονουλουρίες είναι μια χημική ομάδα που περιλαμβάνει διάφορα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται ευρέως για τον έλεγχο πολλών ζιζανίων. Τα ζιζανιοκτόνα αυτής της ομάδας παρουσιάζουν μικρή τοξικότητα στα θηλαστικά. Η γνώση της τύχης και της συμπεριφοράς των ζιζανιοκτόνων των σουλφονουλουριών στο έδαφος και στο νερό είναι υψίστης σημασίας για τα γεωργικά οικοσυστήματα και την προστασία του περιβάλλοντος (Sarmah and Sbadie, 2002). Οι σουλφονουλουρίες ανακαλύφθηκαν στη δεκαετία του 1970, είναι δραστικές σε εξαιρετικά χαμηλές δόσεις και 28 δραστικές ουσίες έχουν εγκριθεί παγκοσμίως (Plimmer and Gammon, 2003). Χρησιμοποιούνται κυρίως για τον έλεγχο ετήσιων και πολυετών πλατύφυλλων ζιζανίων σε πολλές καλλιέργειες (Azcarate et al., 2015), αλλά και για τον έλεγχο διαφόρων

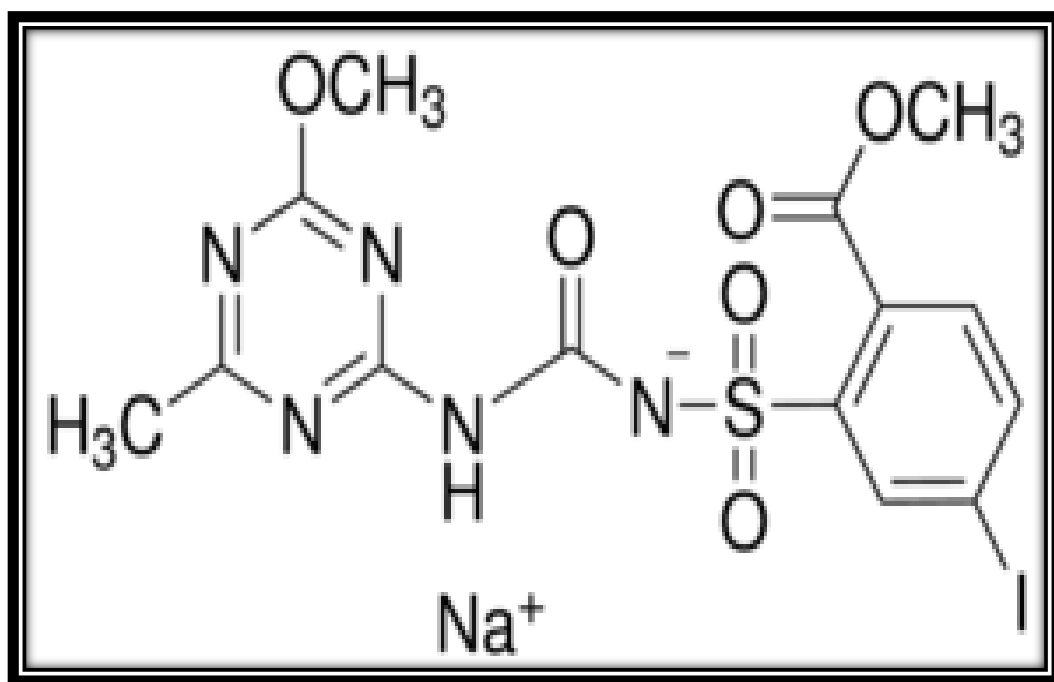
αγρωστωδών ζιζανίων (Ελευθεροχωρινός, 2008; Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010)..

Ο βασικός χημικός τύπος των ζιζανιοκτόνων της οικογένειας αυτής αποτελείται από μία αρυλομάδα, τη σουλφονυλουρική γέφυρα και μια ετεροκυκλική ομάδα. Το 1977 ανακαλύφθηκε το chlorsulfuron η πρώτη δραστική ουσία των σουλφονυλουριών. Εφαρμόζονται προφυτρωτικά ή μεταφυτρωτικά (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010). Όλα τα ζιζανιοκτόνα της κατηγορίας αυτής είναι αποτελεσματικά σε μικρές δόσεις. Έχουν χαμηλή χρονία και οξεία τοξικότητα (Boschin et al., 2007; Headley et al., 2010).

Τα ζιζανιοκτόνα αυτής της χημικής ομάδας θεωρούνται περιβαλλοντικά ασφαλή, εν μέρει, λόγω των χαμηλών δόσεων εφαρμογής τους. Ωστόσο, υπάρχουν διάφορες περιβαλλοντικές ανησυχίες. Ο χρόνος παραμονής στο έδαφος, ακόμη και σε χαμηλές δόσεις, σε αρκετά ζιζανιοκτόνα της ομάδας είναι μεγαλύτερος από μία καλλιεργητική περίοδο και μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα τοξικότητας στις επόμενες καλλιέργειες. Η κινητικότητα και η έκπλυση των ζιζανιοκτόνων στο έδαφος επηρεάζονται από την ποσότητα νερού που είναι διαθέσιμη, τη χημική φύση του ζιζανιοκτόνου και την ικανότητα δέσμευσης του εδάφους (Azcarate et al., 2015). Ο βαθμός έκπλυσης όλων των ζιζανιοκτόνων της ομάδας αυτής είναι μεγάλος (4-5). Αυτό συμβαίνει, καθώς όλα τα ζιζανιοκτόνα της ομάδας αυτής συμπεριφέρονται στο εδαφικό διάλυμα ως ασθενή οξέα και επομένως η προσρόφησή τους από τα κolloειδή του εδάφους είναι ασθενής (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010).

Έχουν εγκριθεί διάφορα ζιζανιοκτόνα της ομάδας για τον έλεγχο της κολλητσίδας, μερικά από τα οποία είναι το chlorsulfuron, το tribenuron-methyl, το tribenuron-methyl+thifensulfuron-methyl και mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium (Mennan et al., 2011). Τα ζιζανιοκτόνα αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω της χαμηλής τους τοξικότητας σε θηλαστικά, της υψηλής περιβαλλοντικής ασφάλειας, της ευρείας εφαρμογής, της υψηλής εκλεκτικότητας, του χαμηλού κόστους, της υψηλής αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας χρήσης τους στις καλλιέργειες (Mennan et al., 2011; Choe et al., 2015).

Δύο ζιζανιοκτόνα τα οποία χρησιμοποιούνται στα χειμερινά σιτηρά είναι mesosulfuron-methyl και το iodosulfuron-methyl-sodium (Σχήμα 1). Πρόκειται για εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο για την καταπολέμηση διαφόρων αγρωστωδών και πλατύφυλλων ζιζανίων (πχ. μεγαλόκαρπη κολλητσίδα) σε σκληρό και μαλακό σιτάρι.



Σχήμα 1. Η χημική δομή του ζιζανιοκτόνου iodosulfuron-methyl-sodium.

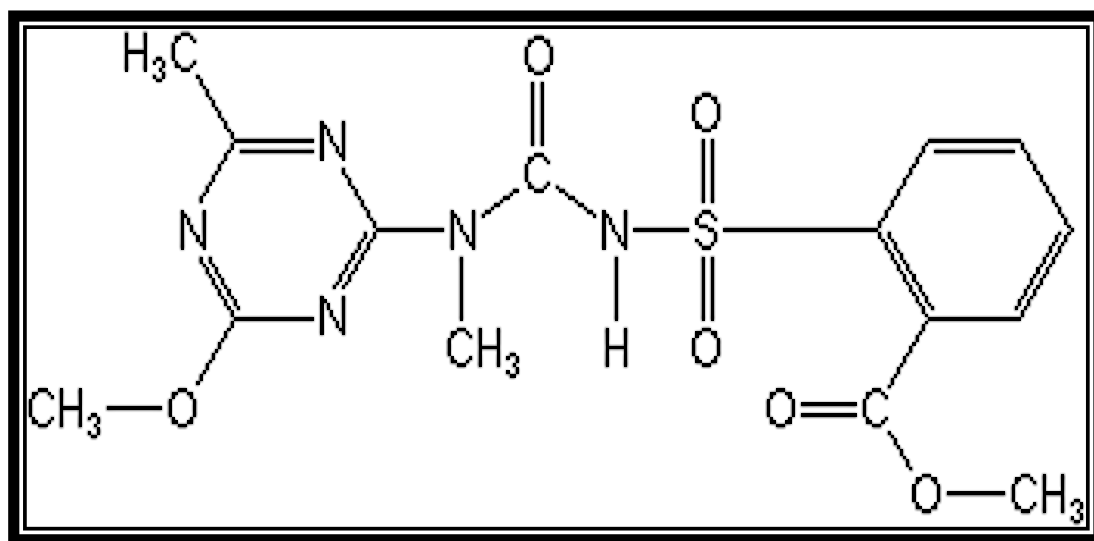
Τα παραπάνω ζιζανιοκτόνα απορροφούνται κυρίως από τα φύλλα και σε πολύ μικρό βαθμό από τις ρίζες και στη συνέχεια μεταφέρεται τόσο με τον ανιόντα όσο και με τον κατιόντα χυμό (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010). Μερικές μέρες μετά τον ψεκασμό η ανάπτυξη των καταπολεμούμενων ζιζανίων έχει ήδη σταματήσει και τα πρώτα συμπτώματα αρχίζουν να εμφανίζονται. Πλήρης νέκρωση επέρχεται σε διάστημα 4-6 εβδομάδων. Είναι αποτελεσματικό για τα αγρωστώδη ζιζάνια όπως:

- I. η αγριοβρώμη (*Avena sterilis*),
- II. η πολυανθής ήρα (*Lolium multiflorum*)
- III. η φάλαρη (*Phalaris paradoxa*, *P. brachystachis*)

και διάφορα πλατύφυλλα ζιζάνια όπως:

- I. η παπαρούνα (*Papaver rhoeas*),
- II. η γρούβα (*Sinapis arvensis*),
- III. η μικρόκαρπη κολλητσίδα (*Galium spurium*),
- IV. η μεγαλόκαρπη κολλητσίδα (*Galium aparine*)
- V. η ανθεμίδα (*Anthemis arvensis*)

Το ζιζανιοκτόνο tribenuron-methyl (methyl 2-[4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl(methyl)carbamoylsulfamoyl]benzoate, σχήμα 2) είναι επίσης ένα σημαντικό ζιζανιοκτόνο από την ομάδα των σουλφονυλουριών που χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση πλατύφυλλων ζιζανίων στο σιτάρι.



Σχήμα 2. Η χημική δομή του ζιζανιοκτόνου tribenuron-methyl.

Το tribenuron-methyl παρουσιάζει μικρή υπολειμματικότητα και ο χρόνος ημιζωής του tribenuron-methyl είναι 1 έως 7 ημέρες, ενώ διασπάται στο έδαφος μέσω της υδρόλυσης ή της μικροβιακής αποικοδόμησης (Duman et al., 2010). Η εφαρμογή του συνίσταται να γίνεται όταν η καλλιέργεια βρίσκεται στο στάδιο

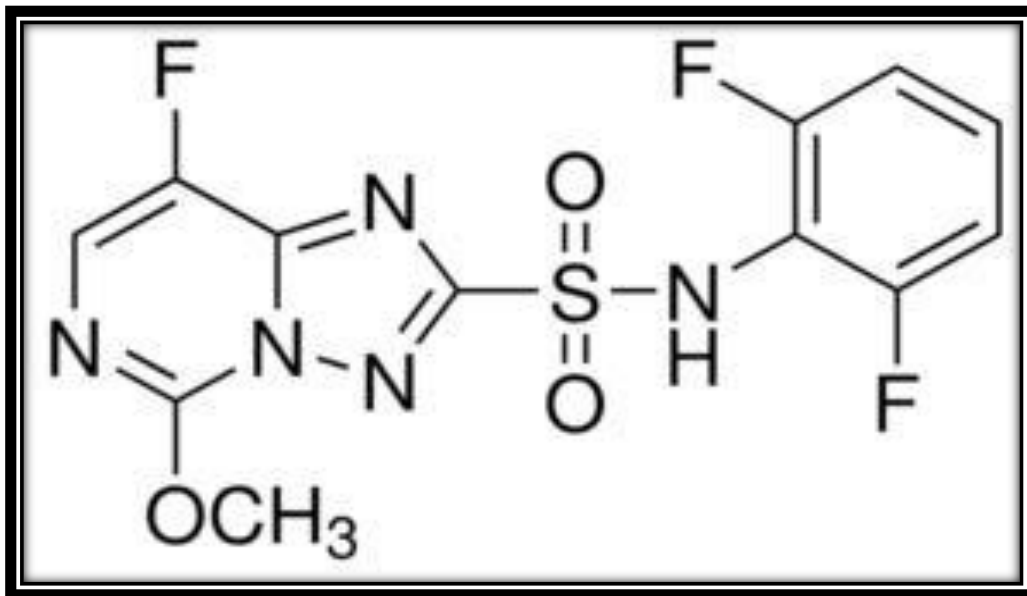
των 3 φύλλων και μέχρι το τέλος του αδελφώματος όταν τα ζιζάνια είναι μικρά (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010). Η υδατοδιαλυτότητα του tribenuron-methyl αυξάνεται με την αύξηση του pH (Noshadi and Dastranj, 2017). Το tribenuron-methyl δρα διασυστηματικά, απορροφάται κυρίως από το φύλλωμα και δευτερευόντως από τη ρίζα των ζιζανίων, μετακινείται στα ακραία μεριστώματα, βλαστού και ρίζας και εμποδίζει την ανάπτυξή τους (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010).

1.8.3. Τριαζολοπυριμιδίνες (Triazopyrimidines)

Τα ζιζανιοκτόνα της χημικής ομάδας των τριαζολοπυριμιδινών παρέχει έλεγχο σε ένα ευρύ φάσμα ζιζανίων σε πολλές σημαντικές καλλιέργειες (Johnson et al., 2012). Η βασική χημική δομή των ζιζανιοκτόνων της οικογένειας αυτής (diclosulam, florasulam, flumetsulam, metosulam, penoxsulam, pyroxsulam) αποτελείται από ένα τριαζολοπυριμιδινικό δακτύλιο, τη σουλφαμιδική γέφυρα και ένα φαινυλικό δακτύλιο (Σχήμα 3). Τα περισσότερα από αυτά τα ζιζανιοκτόνα δρουν από το έδαφος και το φύλλωμα. Η εκλεκτικότητά τους οφείλεται στο μεταβολισμό τους από τα καλλιεργούμενα φυτά σε ουσίες μη τοξικές (Ελευθεροχωρινός, 2008; Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010).

Ένα σημαντικό ζιζανιοκτόνο που ανήκει σε αυτή την χημική ομάδα είναι το florasulam (Σχήμα 3.) που ανήκει στην ομάδα των τριαζολοπυριμιδινών. Είναι διασυστηματικό μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο πλατύφυλλων ζιζανίων και χρησιμοποιείται στο σιτάρι, το κριθάρι και τον αραβόσιτο. Συσσωρεύεται κυρίως στους μεριστωματικούς ιστούς των βλαστών και ριζών στους οποίους και δρα.

Χρησιμοποιείται μεταφυτρωτικά για τον έλεγχο διάφορων πλατύφυλλων ζιζανίων όπως τα *Galium aparine* και *Papaver rhoeas* (Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010). Η εκλεκτικότητα του florasulam έχει καθοριστεί ότι σχετίζεται κυρίως με τον διαφορετικό ρυθμό μεταβολισμού μεταξύ του σίτου με χρόνο ημιζωής 2,4 ωρών και των πλατύφυλλων ζιζανίων με ημιζωή που κυμαίνεται από 19 έως > 48 ώρες (Boer et al., 2006).



Σχήμα 3. Η χημική δομή του ζιζανιοκτόνου florasulam.

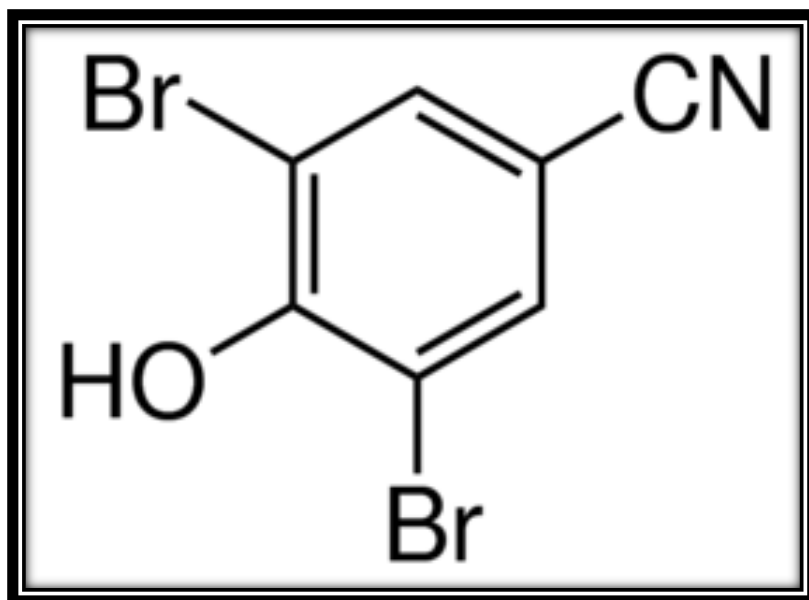
1.8.3. Άλλα ζιζανιοκτόνα

Ένα σημαντικό ζιζανιοκτόνο που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των ζιζανίων στα χειμερινά σιτηρά είναι το bromoxynil το οποίο ανήκει στη χημική ομάδα των υδροξυβενζονιτριλίων. Το συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο ανήκει στους παρεμποδιστές του φωτοσυστήματος II, ενώ οι καλλιέργειες στις οποίες χρησιμοποιείται το bromoxynil είναι ανθεκτικές εξαιτίας της ταχείας αποδόμησής του (Ελευθεροχωρινός, 2008; Ζιώγας και Μαρκόγλου, 2010).

Έχουν αναφερθεί στη διεθνή βιβλιογραφία ανθεκτικά ζιζάνια στο bromoxynil χωρίς να έχει διαπιστωθεί ο μηχανισμός ανθεκτικότητας (Dekker and Duke., 1995). Το bromoxynil (3,5-dibromo-4-hydroxybenzonitrile) είναι εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο ευρέως χρησιμοποιούμενο για τον έλεγχο πλατύφυλλων ζιζανίων μεταφυτρωτικά σε σιτηρά, έχει ($pK_a \sim 4$) και παρουσιάζει μέτρια προσρόφηση στο έδαφος (Nielsen et al., 2007). Μερικά ευαίσθητα ζιζάνια στο συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο είναι τα εξής:

- I. *Anthemis arvensis* (ανθέμιδα)
- II. *Bifora radians* (μπιφόρα),
- III. *Capsella bursa-pastoris* (καψέλλα),
- IV. *Galium aparine* (μεγαλόκαρπη κολλητσίδα).

Για την αύξηση της αποτελεσματικότητας του συγκεκριμένου ζιζανιοκτόνου συνήθως τυποποιείται ως μείγμα με το ζιζανιοκτόνο 2,4-D. Το 2,4-D 2 ανήκει στην ομάδα των φαινοξυαλκανοϊκών που είναι μια σημαντική ομάδα ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιούνται ευρέως στη γεωργία για την καταπολέμηση διαφόρων ζιζανίων (Nielsen et al., 2007).



Σχήμα 4. Χημική δομή του ζιζανιοκτόνου bromoxynil.

1.9. Σκοπός της μεταπτυχιακής μελέτης

Σκοπός της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής μελέτης ήταν η μελέτη της ύπαρξης ή μη ανθεκτικότητας πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας από την Επαρχία Δομοκού σε διάφορα ζιζανιοκτόνα που ανήκουν στις χημικές ομάδες των σουλφονυλουριών (tribenuron-methy, mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium), των τριαζολοπυριμιδίων (florasulam) και των υδροξυβενζονιτριλίων (bromoxynil). Για την μελέτη του θέματος πραγματοποιήθηκε πείραμα σε φυτοδοχεία κατά το διάστημα Ιανουάριος έως Μάιος 2017.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Γενικά

Στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας πραγματοποιήθηκε πείραμα για την διερεύνηση της ανάπτυξης ανθεκτικότητας σε 2 βιοτύπους μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (*Galium aparine* L.). Χρησιμοποιήθηκαν ζιζανιοκτόνα αναστολείς του ενζύμου οξικογαλακτική συνθετάση (ALS) σε διαφορετικές δόσεις και παρατηρήθηκε η εμφάνιση συμπτωμάτων. Επίσης, εφαρμόστηκε το ζιζανιοκτόνο bromoxynil+2,4-D το οποίο παρουσιάζει διαφορετικό μηχανισμό δράσης

Η συλλογή του φυτικού υλικού πραγματοποιήθηκε την άνοιξη του 2016 σε περιοχή του Αγίου Γεωργίου Δομοκού, όπου είχε αναφερθεί πρόβλημα αντιμετώπισης κολλητσίδας (Εικόνα 3.) σε αγρούς όπου καλλιεργήθηκε σκληρού σιτάρι (*Triticum durum* Desf.).



Εικόνα 3. Φυτά μεγαλόκαρπης κολλητσίδας του ανθεκτικού βιοτύπου 2 από την περιοχή του Αγίου Γεωργίου Δομοκού στις 40 ημέρες μετά την εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium.

2.2 Πειραματικό σχέδιο

Το πείραμα διεξάχθηκε σε φυτοδοχεία στον υπαίθριο χώρο της Σχολής των Γεωπονικών Επιστημών. Ακολουθήθηκε το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο με 3 επαναλήψεις ανά επέμβαση. Χρησιμοποιήθηκαν 3 πληθυσμοί μεγαλόκαρπης κολλητισίδας ο Π1 Αγίου Γεωργίου, ο Π2 Αγίου Γεωργίου και ο Π3 Αγίου Γεωργίου. Ο πληθυσμός Π1 ήταν ευαίσθητος και οι σπόροι του συλλέχθηκαν από τα περιθώρια ενός αγρού όπου δεν εφαρμόζονται ζιζανιοκτόνα.

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε φυτοδοχεία χωρητικότητας 2 lit. Το έδαφος που χρησιμοποιήθηκε ήταν πηλώδες με pH 7.4 και το γέμισμα των φυτοδοχείων πραγματοποιήθηκε το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Ιανουαρίου 2017 (Εικόνα 4). Η σπορά πραγματοποιήθηκε στις 15 Φεβρουαρίου του 2017 και σε κάθε φυτοδοχείο σπάρθηκαν 20 σπόροι κολλητισίδας, ενώ το φύτευμα ολοκληρώθηκε στις 30 Φεβρουαρίου του 2017. Μετά από δύο εβδομάδες από το φύτευμα της κολλητισίδας ακολούθησε αραίωμα του κάθε φυτοδοχείου, έτσι ώστε να παραμείνουν 15 φυτά σε κάθε φυτοδοχείο.



Εικόνα 4. Διάταξη των φυτοδοχείων στο περιβάλλοντα χώρο της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών.

Τα ζιζανιοκτόνα που αξιολογήθηκαν εφαρμόστηκαν στη συνιστώμενη δόση και σε πολλαπλάσιες της συνιστώμενης δόσεις [0(x), απέκαστος μάρτυρας), συνιστώμενη (x), διπλάσια (2x), τετραπλάσια (4x) και οκταπλάσια της συνιστώμενης (8x)] ήταν τα εξής:

- ✓ Brominal Nuevo (bromoxynil 28% + 2,4 D-ethyl hexyl ester 28%),
- ✓ Mustang 306 SE (florasulam 0,625% + 2,4 D-ethyl hexyl ester 45,25%),
- ✓ Hussar Maxx WG (iodosulfuron-methyl-sodium 3%+ mesosulfuron-methyl 3%) και
- ✓ Granstar 50 SG (tribenuron-methyl 50%).

Για τον ψεκασμό χρησιμοποιήθηκε ψεκαστήρας με μπαταρία, με όγκο ψεκασμού 30 L/στρ και πίεση ψεκασμού 3 atm. Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε στις 25 Απριλίου του 2017.

Δόσεις												
8x			4x			2x			x			
												Brominal
												Mustang
												Hussar Maxx
												Granstar

Διάγραμμα 1. Αρχική διάταξη των φυτοδοχείων την ημέρα του ψεκασμού. Αξιολόγηση τριών βιοτύπων μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 και οι δόσεις των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν (x, 2x, 4x και 8x).

Πίνακας 1. Υπό εξέταση ζιζανιοκτόνα και οι δόσεις των σκευασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα.

Ζιζανιοκτόνο	Δραστική ουσία	Δόση	Δόση σκευάσματος mL/στρ.
Brominal Nuevo EC	bromoxynil 28%+ 2,4D-ethyl hexyl ester 28%)	1x	150
		2x	300
		4x	600
		8x	1.200
Hussar Maxx WG	iodosulfuron- methyl 3%+ mesosulfuron- methyl 3%	1x	25
		2x	50
		4x	100
		8x	200
Mustang 306 SE	florasulam 0,625% + 2,4D- ethyl hexyl ester 45,25%	1x	80
		2x	160
		4x	320
		8x	640
Granstar 50 SG	tribenuron-methyl 50%	1x	3
		2x	6
		4x	12
		8x	24

Οι δόσεις των ζιζανιοκτόνων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η μέγιστη συνιστώμενη δόση και οι πολλαπλάσιες αυτής. Πιο συγκεκριμένα, για το Brominal Nuevo EC οι δόσεις ήταν 150, 300, 600, 1.200 mL/στρ. Πρόκειται για ζιζανιοκτόνο για την καταπολέμηση πλατύφυλλων ζιζανίων σε καλλιέργειες σιταριού και κριθαριού.

Επιπροσθέτως, οι δόσεις για το Hussar Maxx WG ήταν 25, 50, 100 και 200 g/στρ, οι οποίες εφαρμόστηκαν με την προσθήκη 0.2% BIOPOWER SL. Πρόκειται για εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο για την καταπολέμηση αγρωστωδών και πλατυφύλλων ζιζανίων σε σκληρό και μαλακό σιτάρι. Είναι διασυστηματικό,

εκλεκτικό ζιζανιοκτόνο της ομάδας των σουλφονουλουριών. Δρα παρεμποδίζοντας το ένζυμο ALS, συνθετάση του οξικογαλακτικού. Πλήρης νέκρωση επέρχεται σε διάστημα 4-6 εβδομάδων.

Οι δόσεις για το Mustang 603 SE ήταν 80, 160, 320 και 640 ml/ στρ. Πρόκειται για διασυστηματικό μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο πλατύφυλλων ζιζανίων σε σιτάρι, κριθάρι και αραβόσιτο.

Τέλος, οι δόσεις για το Granstar 50 SG ήταν 3, 6, 12 και 24 g/στρ., οι οποίες εφαρμόστηκαν με την προσθήκη του μη ιονιζόμενου επιφανειοδραστικού TREND 90 SL. Το Granstar 50 SG, είναι εκλεκτικό μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο για την καταπολέμηση πλατύφυλλων ζιζανίων στα σιτηρά (μαλακό και σκληρό σιτάρι, κριθάρι), ελιά και ηλίανθο.



Εικόνα 5. Ανάπτυξη της κολλητσίδας στις διάφορες επεμβάσεις στις 27 Απριλίου του 2017, 2 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων.

2.3 Μετρήσεις

Πραγματοποιήθηκε οπτική παρατήρηση των συμπτωμάτων σε κάθε επέμβαση καθώς και οι ακόλουθες μετρήσεις:

1. Μήκος βλαστών: Η μέτρηση του μήκους των βλαστών πραγματοποιήθηκε σε 3 φυτά ανά φυτοδοχείο.
2. Νωπό βάρος: Από κάθε φυτοδοχείο έγινε δειγματοληψία δύο φυτών για την μέτρηση του νωπού βάρους και στη συνέχεια ζύγιση σε ζυγαριά ακριβείας.
3. Ξηρό βάρος: Όλα τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση του νωπού βάρους, μεταφέρθηκαν σε κλίβανο για 72 ώρες σε θερμοκρασία 600C°. Στη συνέχεια τα δείγματα ζυγίζονταν σε ζυγαριά ακριβείας.



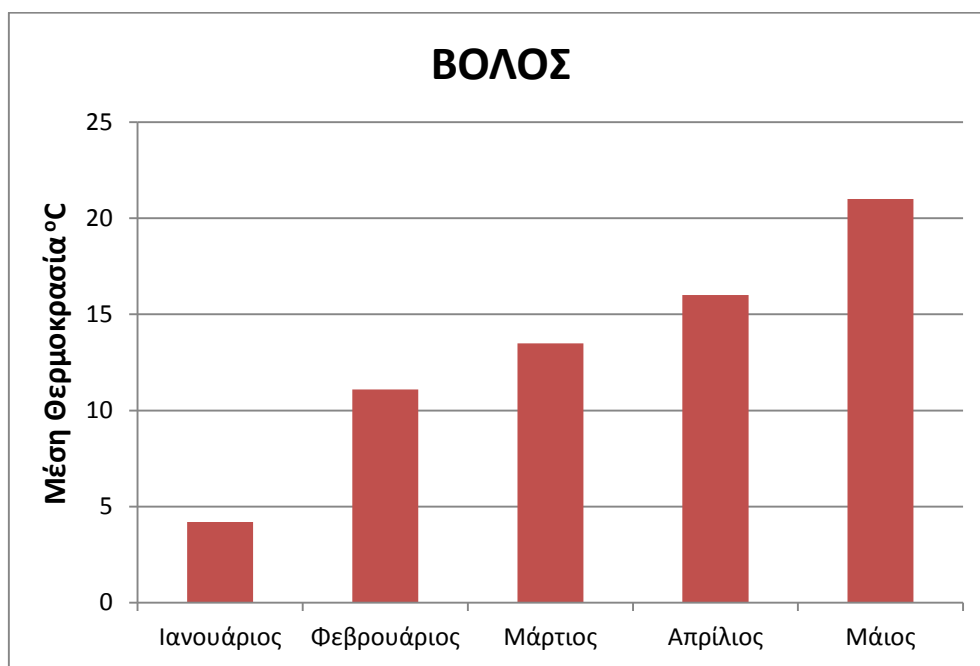
Εικόνα 6. Κλίβανος ξήρανσης των φυτικών δειγμάτων.

Οι οπτικές παρατηρήσεις σε εβδομαδιαία βάση αφορούσαν την εικόνα του φυτού. Τα φυτά που δεν παρουσίαζαν κάποιο σύμπτωμα συμβολίζονταν με 0, το κιτρίνισμα της κορυφής συμβολίζονταν με 1, το κοκκίνισμα της κορυφής με 2, η ξήρανση της κορυφής με 3, η ξήρανση ή μαύρισμα των φύλλων με 4, η ολική ξήρανση των φυτών με 5 και η αναβλάστηση των φυτών με 6.

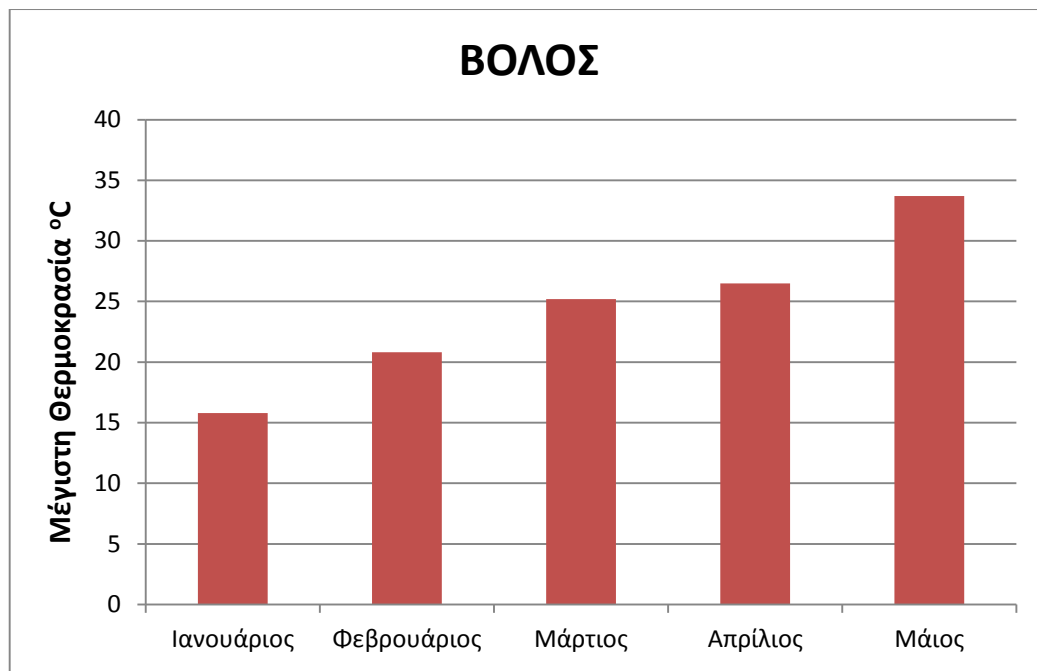
2.4. Μετεωρολογικά δεδομένα

Καταγράφηκαν διάφορα μετεωρολογικά δεδομένα όπως η μέση θερμοκρασία, η μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία, η ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία καθώς και το ύψος βροχόπτωσης για την περίοδο του Ιανουαρίου 2017 έως τον Μάιο του 2017.

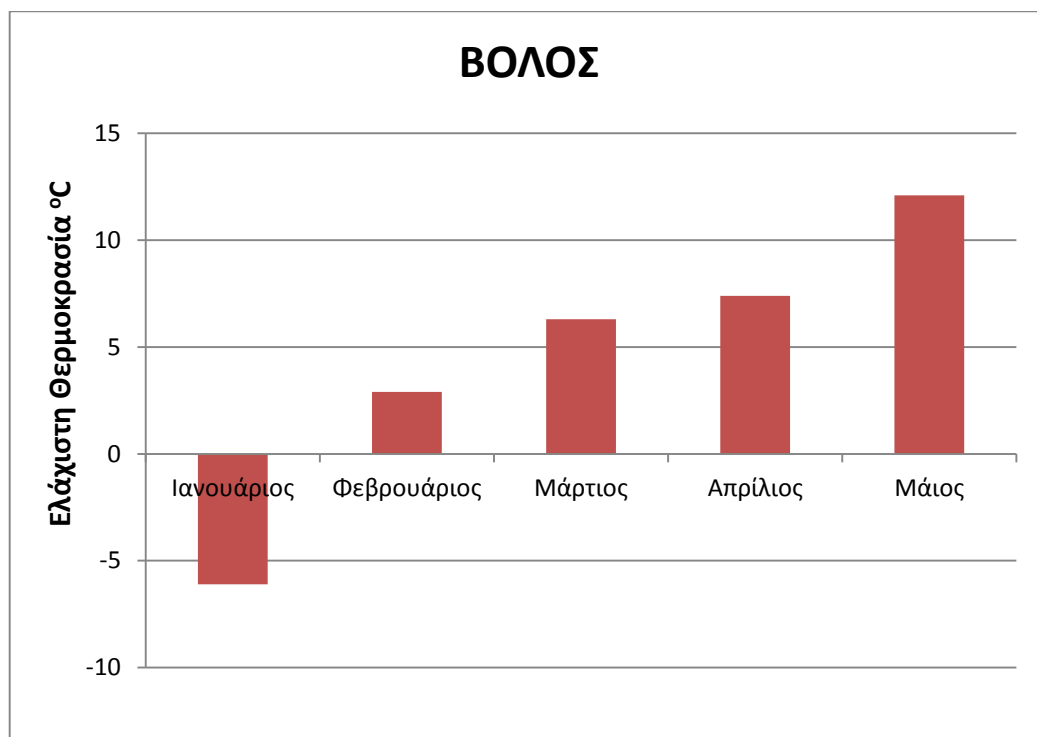
Η υψηλότερη μέση θερμοκρασία σημειώθηκε τον Μάιο του 2017, ενώ η μικρότερη μέση θερμοκρασία τον Ιανουάριο το 2017 (Διάγραμμα 2), ενώ το μικρότερο ύψος βροχόπτωσης καταγράφηκε τον Απρίλιο του 2017(Διάγραμμα 5).



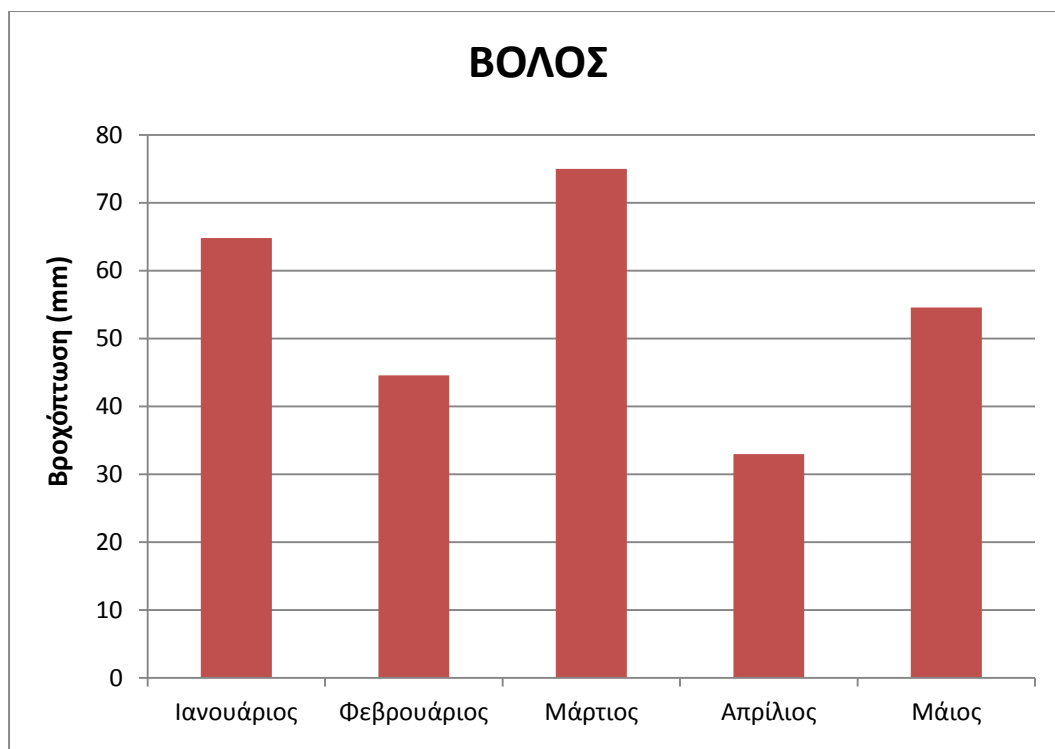
Διάγραμμα 2. Μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά την διάρκεια του πειράματος των φυτοδοχείων (Ιανουάριος –Μάιος 2017).



Διάγραμμα 3. Μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος των φυτοδοχείων (Ιανουάριος –Μάιος 2017).



Διάγραμμα 4. Ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του πειράματος των φυτοδοχείων (Ιανουάριος –Μάιος 2017).



Διάγραμμα 5. Μέση μηνιαία βροχόπτωση κατά τη διάρκεια του πειράματος των φυτοδοχείων (Ιανουάριος –Μάιος 2017).

2.5. Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων του πειράματος πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό SigmaPlot 12 (Systat Software Inc., San Jose, CA). Πραγματοποιήθηκε ανάλυση της διασποράς και στη συνέχεια εφόσον η παραπάνω ανάλυση έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές πραγματοποιήθηκε η σύγκριση των μέσων των διάφορων επεμβάσεων με τη δοκιμασία της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς, σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Αποτελέσματα

3.1 Τύπος συμπτωμάτων και χρόνος εκδήλωσης τους

Τύπος συμπτωμάτων

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο υλικά και μέθοδοι, σε εβδομαδιαία βάση γίνονταν οπτικές παρατηρήσεις που αφορούσαν την εικόνα του φυτού, όπως η εκτίμηση του χρώματος της κορυφής και η γενικότερη ανάπτυξη και επιβίωση των φυτών. Τα φυτά που δεν παρουσίαζαν κάποιο σύμπτωμα συμβολίζονταν με 0, το κιτρίνισμα της κορυφής συμβολίζονταν με 1, το κοκκίνισμα της κορυφής με 2, η ξήρανση της κορυφής με 3, η ξήρανση των φύλλων με 4, η ολική ξήρανση των φυτών με 5 και η αναβλάστηση των φυτών με 6.



Εικόνα 7. Στάδιο ανάπτυξης των φυτών πριν την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων .στις 25-04-2017-Διάταξη των φυτοδοχείων (3 πληθυσμοί, 4 ζιζανιοκτόνα, 4 δόσεις).

1^η Μέτρηση

Η πρώτη οπτική παρατήρηση έγινε στις 3 ΗΜΕ (ημέρες μετά την εφαρμογή). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στην επέμβαση του tribenuron-methyl και οι τρεις πληθυσμοί δεν παρουσίασαν κάποιο σύμπτωμα στη συνιστώμενη και στη διπλάσια της συνιστώμενης δόσης (Πίνακας 2). Αντίθετα, στις δόσεις 4x και 8x και οι τρεις πληθυσμοί εμφάνισαν χλώρωση της κορυφής (Εικόνα 8). Παρόμοια αποτελέσματα καταγράφηκαν και στην επέμβαση με mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium, καθώς και με το florasulam+2,4-D. Τέλος, στην επέμβαση με bromoxynil+2,4-D, και στους τρεις πληθυσμούς καταγράφηκε ξήρανση ή μαύρισμα των φύλλων στην συνιστώμενη δόση, ενώ σε δόσεις διπλάσιες, τετραπλάσιες και οκταπλάσιες της συνιστώμενης καταγράφηκε ξήρανση της κορυφής και ξήρανση ή μαύρισμα των φύλλων.



Εικόνα 8. Χλώρωση της κορυφής των φυτών, τυπικό σύμπτωμα της δράσης των ζιζανιοκτόνων που αναστέλλουν το ένζυμο ALS.

Πίνακας 2. Τύπος συμπτωμάτων (0: όχι σύμπτωμα, 1:χλώρωση της κορυφής, 2: ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής και 3:ξήρανση της κορυφής, 4: ξήρανση ή μαύρισμα των φύλλων, 5: ξήρανση των φυτών, 6: αναβλάστηση των φυτών) στα φυτά της μεγαλόκαρπης κολλητισίδας του ευαίσθητου Π1 και των ανθεκτικών πληθυσμών Π2, Π3 στις 3 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων.

Πληθυσμοί	tribenuron-methyl			
	x	2x	4x	8x
Π1	0	0	1	1
Π2	0	0	1	1
Π3	0	0	1	1
	mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium			
	x	2x	4x	8x
Π1	0	0	1	1
Π2	0	0	1	1
Π3	0	0	1	1
	florasulam+2,4 D			
	x	2x	4x	8x
Π1	0	0	1	1
Π2	0	0	1	1
Π3	0	0	1	1
	bromoxynil+2,4-D			
	x	2x	4x	8x
Π1	4	3,4	3,4	3,4
Π2	4	3,4	3,4	3,4
Π3	4	3,4	3,4	3,4

x= συνιστώμενη δόση, 2x= διπλάσια της συνιστώμενης δόσης, 4x= τετραπλάσια της συνιστώμενης δόσης και 8x= οκταπλάσια της συνιστώμενης δόσης

2^η Μέτρηση

Η δεύτερη οπτική παρατήρηση έγινε στις 7 ΗΜΕ. Στα φυτοδοχεία των ανθεκτικών πληθυσμών Π2 και Π3, όπου εφαρμόστηκε το tribenuron-methyl, δεν παρατηρήθηκε κανένα σύμπτωμα στα φυτά της κολλητσίδας στη συνιστώμενη και στη διπλάσια της συνιστώμενης δόσης (Πίνακας 3). Αντίθετα, ο ευαίσθητος βιότυπος Π1 εμφάνισε χλώρωση της κορυφής. Στην τετραπλάσια δόση καταγράφηκε χλώρωση της κορυφής και στους τρεις βιότυπους. Στην οκταπλάσια δόση και στους τρεις βιότυπους καταγράφηκε χλώρωση της κορυφής και ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής.

Στη δεύτερη επέμβαση του mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium είχαμε παρόμοια αποτελέσματα με την επέμβαση του florasulam+2,4-D. Στον ευαίσθητο βιότυπο Π1 καταγράφηκε χλώρωση της κορυφής στη συνιστώμενη δόση ενώ στους ανθεκτικούς βιότυπους δεν καταγράφηκε κάποιο σύμπτωμα ή υπήρξε χλώρωση της κορυφής. Στη διπλάσια της συνιστώμενης δόσης όλοι οι βιότυποι εμφάνισαν χλώρωση της κορυφής. Στις τετραπλάσιες και οκταπλάσιες δόσεις καταγράφηκαν χλώρωση της κορυφής και ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής και στους τρεις βιότυπους.

Τέλος, στην επέμβαση του bromoxynil+2,4-D 7 ΗΜΕ καταγράφηκαν ίδια συμπτώματα και για τους τρεις βιότυπους. Στην συνιστώμενη δόση καταγράφηκε ξήρανση ή μαύρισμα των φύλλων των φυτών της κολλητσίδας. Στην διπλάσια της συνιστώμενης καταγράφηκαν ξήρανση ή μαύρισμα των φύλλων (Εικόνα 9) καθώς και ολική ξήρανση των φυτών. Τέλος, η εφαρμογή του ζιζανιοκτόνου bromoxynil+2,4-D σε τετραπλάσια και οκταπλάσια δόση προκάλεσε ξήρανση των φυτών και στους τρεις βιότυπους.

3^η Μέτρηση

Η τρίτη οπτική παρατήρηση έγινε στις 10 ΗΜΕ. Στα φυτοδοχεία των ανθεκτικών πληθυσμών Π2 και Π3 όπου εφαρμόστηκε το tribenuron-methyl παρατηρήθηκε ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής σε όλες τις δόσεις εκτός της συνιστώμενης και της διπλάσιας δόσης όπου παρατηρήθηκε χλώρωση της κορυφής (Πίνακας 4). Στην επέμβαση του

mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium οι βιότυποι Π2 και Π3 εμφάνισαν χλώρωση της κορυφής στις δόσεις x και 2x, ενώ καταγράφηκε ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής στις δόσεις 4x και 8x (Εικόνα 10). Το ίδιο αποτέλεσμα καταγράφηκε και στην επέμβαση του florasulam+2,4-D. Τέλος, στην επέμβαση με bromoxynil+2,4-D καταγράφηκε ξήρανση των φυτών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας και στους τρεις βιοτύπους σε όλες τις δόσεις (x, 2x, 4x και 8x), και στη συνιστώμενη παρατηρήθηκε μη πλήρη ξήρανση των φυτών σε ορισμένα φυτά. Στον ευαίσθητο βιότυπο Π1 παρατηρήθηκε ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής στις δόσεις x, 2x και 4x για τα τρία ζιζανιοκτόνα (tribenuron-methyl, mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl και florasulam+2,4 D) και στη δόση 4x παρατηρήθηκε και ξήρανση της κορυφής. Στην οκταπλάσια της συνιστώμενης καταγράφηκε ξήρανση της κορυφής και για τα τρία ζιζανιοκτόνα στον ευαίσθητο βιότυπο.



Εικόνα 9. Μαύρισμα των φύλλων και των κορυφών στην επέμβαση του ζιζανιοκτόνου bromoxynil+2,4-D (4x) στις 3 ημέρες μετά την εφαρμογή.

Πίνακας 3. Τύπος συμπτωμάτων (0: όχι σύμπτωμα, 1:χλώρωση της κορυφής, 2: ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής και 3:ξήρανση της κορυφής, 4: ξήρανση ή μαύρισμα των φύλλων, 5: ξήρανση των φυτών, 6: αναβλάστηση των φυτών) στα φυτά της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας του ευαίσθητου Π1 και των ανθεκτικών πληθυσμών Π2, Π3 στις 7 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων.

Πληθυσμοί	tribenuron-methyl			
	x	2x	4x	8x
Π1	1	1	1	1,2
Π2	0	0	1	1,2
Π3	0	0	1	1,2
	mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium			
	x	2x	4x	8x
Π1	1	1	1,2	1,2
Π2	0,1	1	1,2	1,2
Π3	0,1	1	1,2	1,2
	florasulam+2,4 D			
	x	2x	4x	8x
Π1	1	1	1,2	1,2
Π2	0,1	1	1,2	1,2
Π3	0,1	1	1,2	1,2
	bromoxynil+2,4-D			
	x	2x	4x	8x
Π1	4	4,5	5	5
Π2	4	4,5	5	5
Π3	4	4,5	5	5

x= συνιστώμενη δόση, 2x= διπλάσια της συνιστώμενης δόσης, 4x=τετραπλάσια της συνιστώμενης δόσης και 8x= οκταπλάσια της συνιστώμενης δόσης

Πίνακας 4. Τύπος συμπτωμάτων (0: όχι σύμπτωμα, 1:χλώρωση της κορυφής, 2: ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής και 3:ξήρανση της κορυφής, 4: ξήρανση ή μαύρισμα των φύλλων, 5: ξήρανση των φυτών, 6: αναβλάστηση των φυτών) στα φυτά της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας του ευαίσθητου Π1 και των ανθεκτικών πληθυσμών Π2, Π3 στις 10 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων.

Πληθυσμοί	tribenuron-methyl			
	x	2x	4x	8x
Π1	2	2	2,3	3
Π2	1	1	2	2
Π3	1	1	2	2
	mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium			
	x	2x	4x	8x
Π1	2	2	2,3	3
Π2	1	1	2	2
Π3	1	1	2	2
	florasulam+2,4 D			
	x	2x	4x	8x
Π1	2	2	2,3	3
Π2	1	1	2	2
Π3	1	1	2	2
	bromoxynil+2,4-D			
	x	2x	4x	8x
Π1	4,5	5	5	5
Π2	4,5	5	5	5
Π3	4,5	5	5	5

x= συνιστώμενη δόση, 2x= διπλάσια της συνιστώμενης δόσης, 4x=τετραπλάσια της συνιστώμενης δόσης και 8x= οκταπλάσια της συνιστώμενης δόσης



Εικόνα 10. Ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής των βλαστών-έναρξη ξήρανσης της κορυφής.

4^η Μέτρηση

Η τέταρτη οπτική παρατήρηση έγινε στις 14 ΗΜΕ. Στα φυτοδοχεία των ανθεκτικών πληθυσμών Π2 και Π3 όπου εφαρμόστηκε το tribenuron-methyl καταγράφηκε χλώρωση της κορυφής στις δόσεις x και 2x, ενώ στις δόσεις 4x και 8x καταγράφηκε ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής της κολλητσίδας (Πίνακας 5). Για τον ευαίσθητο βιότυπο Π1 (Εικόνα 11) είχαμε μετάβαση στο επόμενο στάδιο, της ξήρανσης της κορυφής που καταγράφηκε σε όλες τις δόσεις (x, 2x, 4x και 8x), και στην συνιστώμενη παρουσιάστηκε και ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής σε ορισμένα φυτά της κολλητσίδας. Στην επέμβαση του mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium στους ανθεκτικούς βιοτύπους Π2 και Π3 δεν παρατηρήθηκε κάποιο σύμπτωμα επιπλέον, εκτός από τη δόση 8x που έγινε μετάβαση στο στάδιο της ξήρανσης της κορυφής σε λίγα φυτά της κολλητσίδας. Ίδια εικόνα παρατηρήθηκε και στα φυτά της κολλητσίδας στα οποία εφαρμόστηκε florasulam+2,4-D. Στον ευαίσθητο βιότυπο Π1 παρατηρήθηκε ξήρανση της κορυφής και στις τέσσερις δόσεις (x, 2x, 4x και 8x) για τα τρία ζιζανιοκτόνα (tribenuron-methyl, mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl και florasulam+2,4 D). Τέλος, στην επέμβαση με bromoxynil+2,4-D καταγράφηκαν

τα ίδια συμπτώματα (πχ. ξηράνση-μαύρισμα φύλλων και ξήρανση των φυτών) με την προηγούμενη οπτική παρατήρηση (Εικόνα 12).

Πίνακας 5. Τύπος συμπτωμάτων (Ο: όχι σύμπτωμα, 1:χλώρωση της κορυφής, 2: ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής και 3:ξηράνση της κορυφής, 4: ξήρανση ή μαύρισμα των φύλλων, 5: ξήρανση των φυτών, 6: αναβλάστηση των φυτών) στα φυτά της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας του ευαίσθητου Π1 και των ανθεκτικών πληθυσμών Π2, Π3 στις 14 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων.

Πληθυσμοί	tribenuron-methyl			
	x	2x	4x	8x
Π1	2,3	3	3	3
Π2	1	1	2	2
Π3	1	1	2	2
	mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium			
	x	2x	4x	8x
Π1	3	3	3	3
Π2	1	1	1,2	2,3
Π3	1	1	1,2	2
	florasulam+2,4 D			
	x	2x	4x	8x
Π1	3	3	3	3
Π2	1	1	1,2	2,3
Π3	1	1	1,2	2,3
	bromoxynil+2,4-D			
	x	2x	4x	8x
Π1	4,5	5	5	5
Π2	4,5	5	5	5
Π3	4,5	5	5	5

x= συνιστώμενη δόση, 2x= διπλάσια της συνιστώμενης δόσης, 4x=τετραπλάσια της συνιστώμενης δόσης και 8x= οκταπλάσια της συνιστώμενης δόσης



Εικόνα 11. Ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων του ευαίσθητου βιοτύπου στην επέμβαση του ζιζανιοκτόνου tribenuron-methyl (2x) στις 14 ημέρες μετά την εφαρμογή.

5^η Μέτρηση

Η πέμπτη οπτική παρατήρηση έγινε στις 30 ΗΜΕ. Στα φυτοδοχεία των ανθεκτικών πληθυσμών Π2 και Π3 όπου εφαρμόστηκε το tribenuron-methyl, παρατηρήθηκε αναβλάστηση των φυτών στις δόσεις x και 2x. Στην τετραπλάσια δόση καταγράφηκε ξήρανση των φύλλων και αναβλάστηση των φυτών ενώ στην οκταπλάσια δόση καταγράφηκε ξήρανση και αναβλάστηση ορισμένων φυτών. Στην επέμβαση του mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium παρατηρήθηκε αναβλάστηση των φυτών σε όλες τις δόσεις (x, 2x 4x και 8x), ενώ στις δόσεις 4x και 8x παρατηρήθηκε και ξήρανση μικρού αριθμού φυτών. Παρόμοια αποτελέσματα καταγράφηκαν και στην επέμβαση με florasulam+2,4 D, με την διαφορά ότι στην διπλάσια δόση παρατηρήθηκε και ξήρανση των φύλλων της κολλητσίδας. Στον ευαίσθητο βιότυπο Π1 παρατηρήθηκε ξήρανση των φυτών σε όλες τις δόσεις για όλες τις επεμβάσεις. Μόνο στην επέμβαση με

tribenuron-methyl στην συνιστώμενη και στην διπλάσια δόση εκτός της ξήρανσης παρατηρήθηκε και αναβλάστηση ορισμένων φυτών της κολλητσίδας.

Πίνακας 6. Τύπος συμπτωμάτων (Ο: όχι σύμπτωμα, 1:χλώρωση της κορυφής, 2: ερυθρός μεταχρωματισμός των φύλλων της κορυφής και 3:ξήρανση της κορυφής, 4: ξήρανση ή μαύρισμα των φύλλων, 5: ξήρανση των φυτών, 6: αναβλάστηση των φυτών) στα φυτά της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας του ευαίσθητου Π1 και των ανθεκτικών πληθυσμών Π2, Π3 στις 30 ημέρες μετά την εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων.

Πληθυσμοί	tribenuron-methyl			
	x	2x	4x	8x
Π1	5,6	5,6	5	5
Π2	6	6	4,6	5,6
Π3	6	6	4,6	5,6
	mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl			
	x	2x	4x	8x
Π1	5	5	5	5
Π2	6	6	5,6	5,6
Π3	6	6	5,6	5,6
	florasulam+2,4 D			
	x	2x	4x	8x
Π1	5	5	5	5
Π2	6	4,6	5,6	5,6
Π3	6	4,6	5,6	5,6
	bromoxynil+2,4-D			
	x	2x	4x	8x
Π1	5	5	5	5
Π2	5	5	5	5
Π3	5	5	5	5

x= συνιστώμενη δόση, 2x= διπλάσια της συνιστώμενης δόσης, 4x=τετραπλάσια της συνιστώμενης δόσης και 8x= οκταπλάσια της συνιστώμενης δόσης



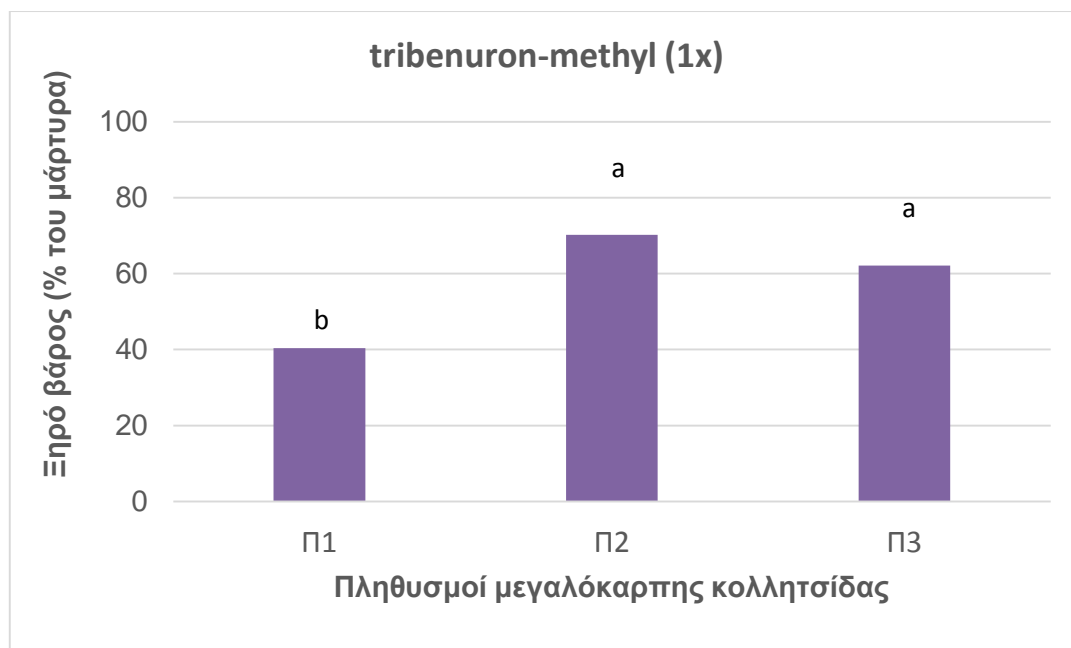
Εικόνα 12. Ολική ξήρανση των φυτών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας στην επέμβαση bromoxynil+2,4-D (2x) στις 14 ημέρες μετά την εφαρμογή.

3.2. Ξηρό βάρος των τριών πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας στις διάφορες επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων.

3.2.1. tribenuron-methyl

Συνιστώμενη δόση (1x)

Η εφαρμογή της συνιστώμενης δόσης του tribenuron-methyl μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 59,6% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 29,8 και 37,9%, αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3.



Διάγραμμα 6. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου tribenuron-methyl στη συνιστώμενη δόση (1x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

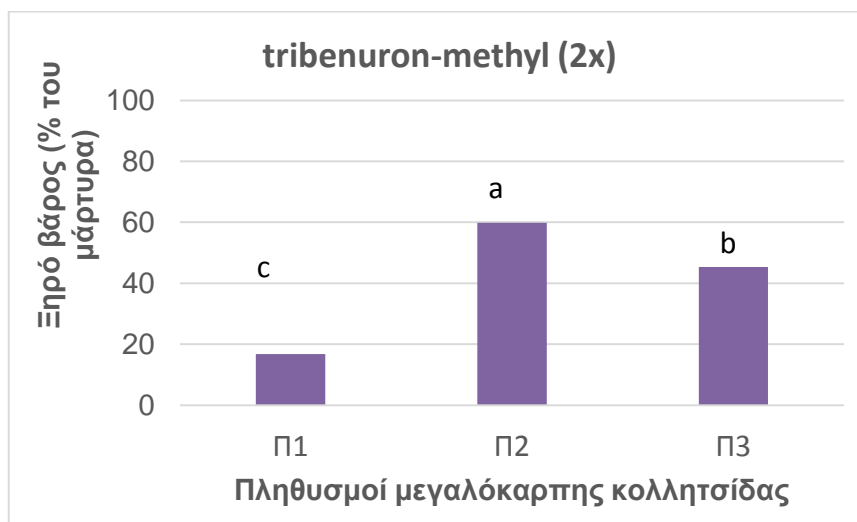
Διπλάσια δόση (2x)

Η εφαρμογή της διπλάσιας δόσης του tribenuron-methyl μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 83,2% σε σύγκριση με τον απέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 40,2 και 54,7%, αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3, καθώς επίσης παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ανθεκτικών βιοτύπων.

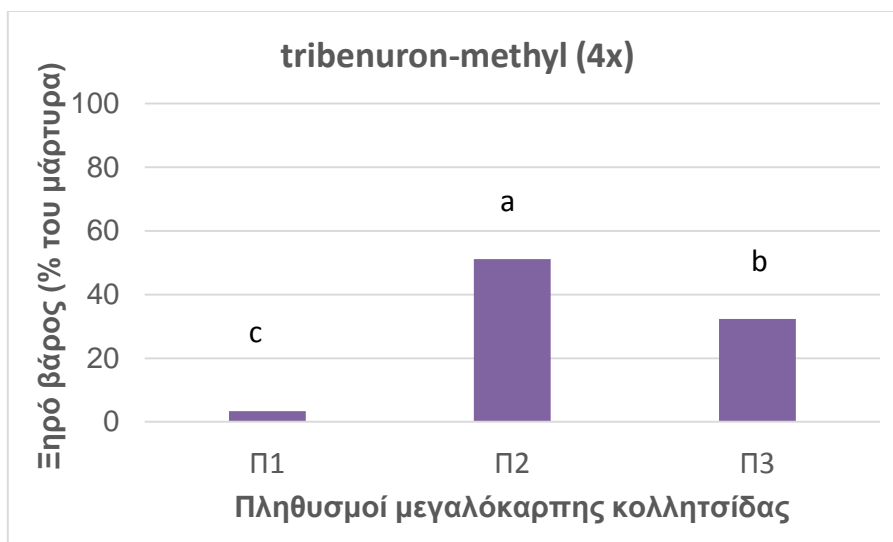
Τετραπλάσια δόση (4x)

Η εφαρμογή της τετραπλάσιας δόσης του tribenuron-methyl μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 96,6% σε σύγκριση με τον απέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση

του ξηρού βάρους κατά 48,8 και 67,7%, αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3. Τέλος, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ανθεκτικών βιοτύπων.



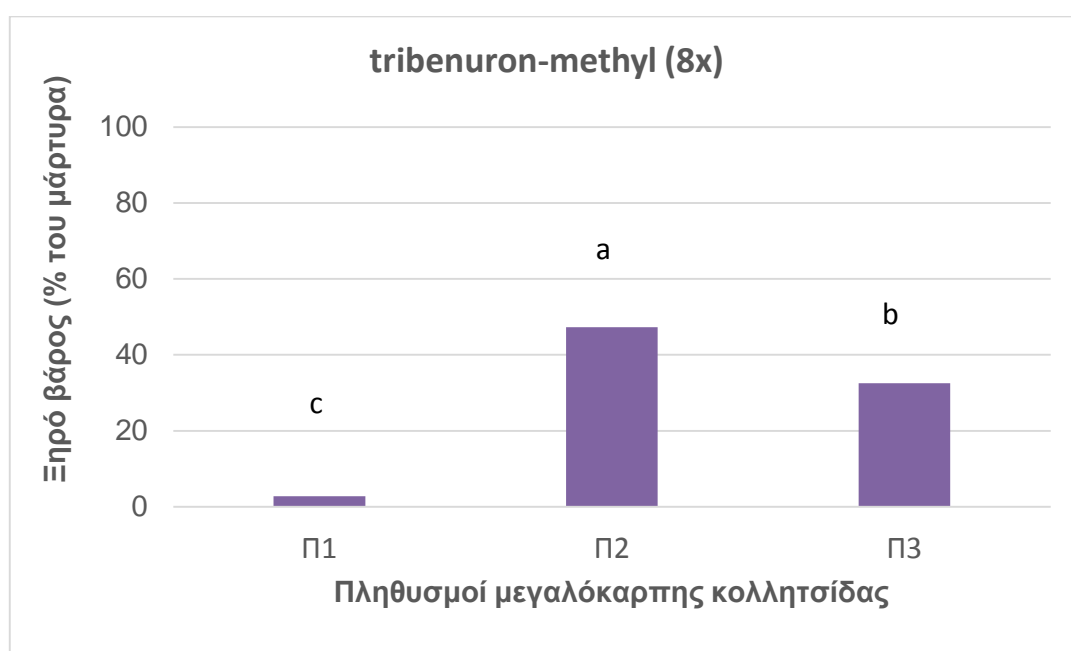
Διάγραμμα 7. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου tribenuron-methyl στη διπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (2x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).



Διάγραμμα 8. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου tribenuron-methyl στην τετραπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (4x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

Οκταπλάσια δόση (8x)

Η εφαρμογή της οκταπλάσιας δόσης του tribenuron-methyl μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 97,2% σε σύγκριση με τον αψέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 52,7 και 67,5%, αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3, ενώ καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ανθεκτικών βιοτύπων.



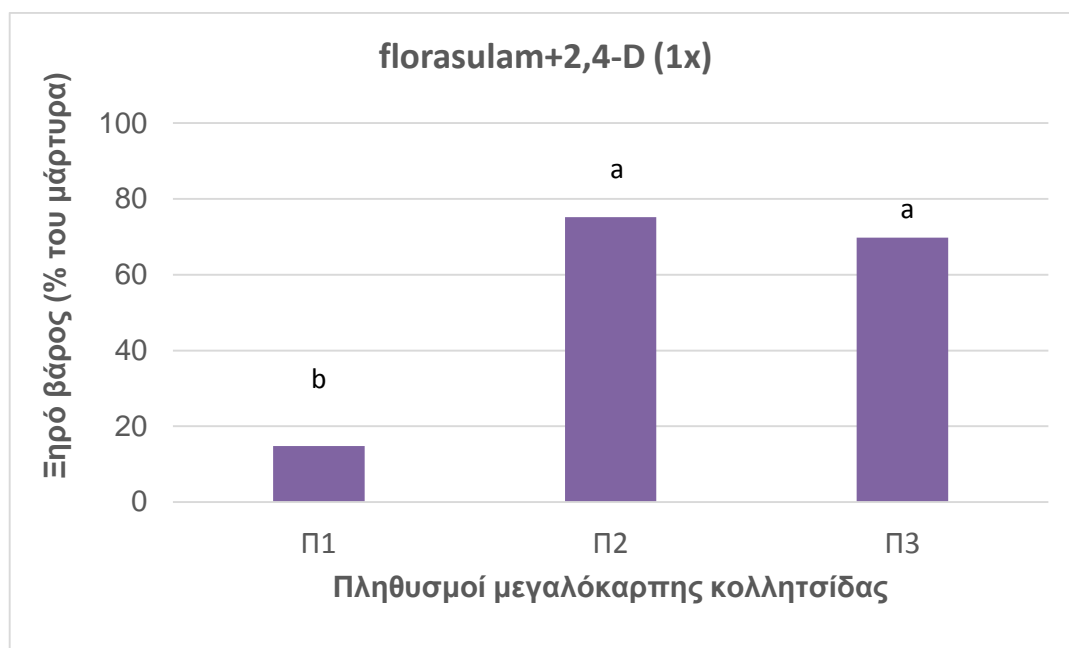
Διάγραμμα 9. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου tribenuron-methyl στην οκταπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (8x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

3.2.2. florasulam+2,4-D

Συνιστώμενη δόση (1x)

Η εφαρμογή της συνιστώμενης δόσης του florasulam+2,4-D μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της

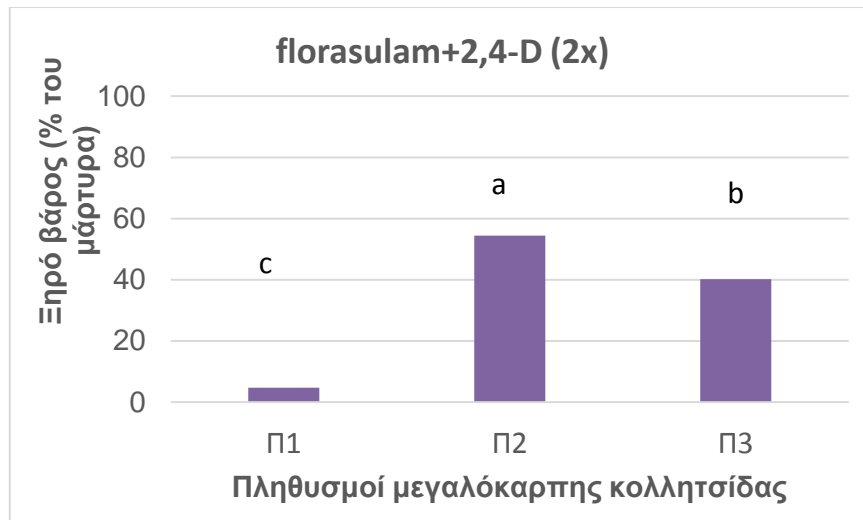
μεγαλόκαρπης κολλητισίδας κατά 85,2% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 24,8 και 39,2% αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3.



Διάγραμμα 10. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου florasulam+2,4-D στη συνιστώμενη δόση (1x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητισίδας (Π1, Π2).

Διπλάσια δόση (2x)

Η εφαρμογή της διπλάσιας δόσης του florasulam+2,4-D μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητισίδας κατά 95,3% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 45,6 και 59,8%, αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3, καθώς επίσης παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ανθεκτικών βιοτύπων.



Διάγραμμα 11. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου florasulam+2,4-D στη διπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (2x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

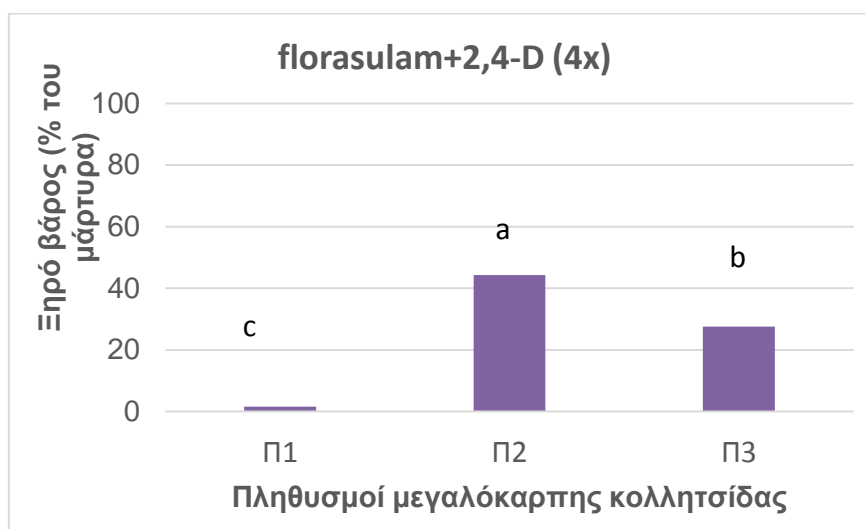
Τετραπλάσια δόση (4x)

Η εφαρμογή της τετραπλάσιας δόσης του florasulam+2,4-D μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 98,4% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 55,7 και 72,5%, αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3. Τέλος, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ανθεκτικών βιοτύπων

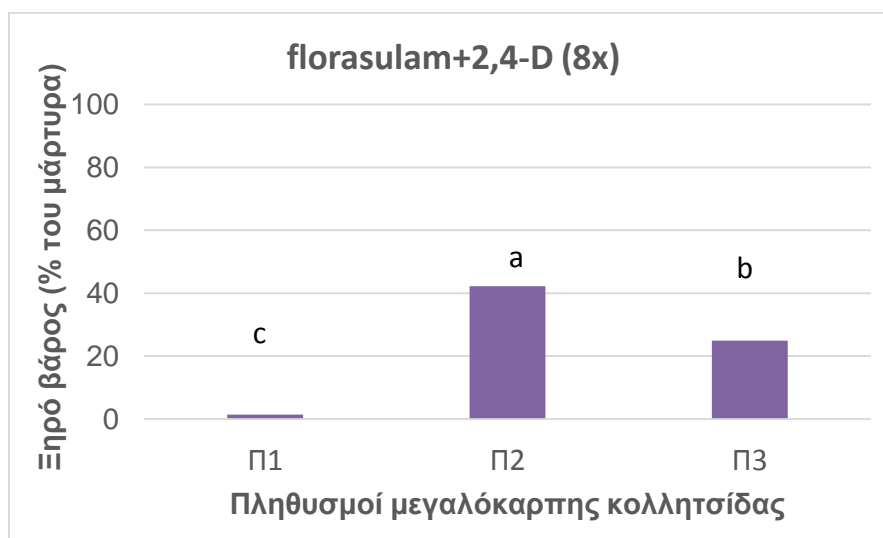
Οκταπλάσια δόση (8x)

Η εφαρμογή της οκταπλάσιας δόσης του florasulam+2,4-D μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 98,6% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση

του ξηρού βάρους κατά 57,8 και 75,1%, αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3, καθώς επίσης καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ανθεκτικών βιοτύπων.



Διάγραμμα 12. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου florasulam+2,4-D στην τετραπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (4x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

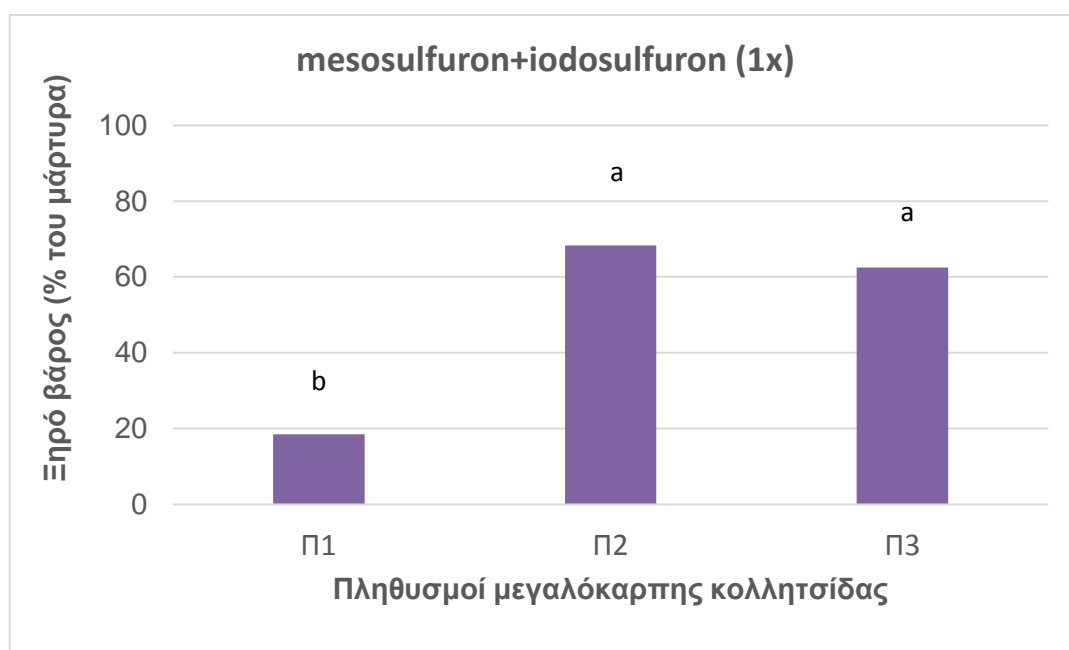


Διάγραμμα 13. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου florasulam+2,4-D στην οκταπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (8x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

3.2.3. mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium

Συνιστώμενη δόση (1x)

Η εφαρμογή της συνιστώμενης δόσης του mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητισίδας κατά 81,5% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 31,7 και 37,5%, αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3.

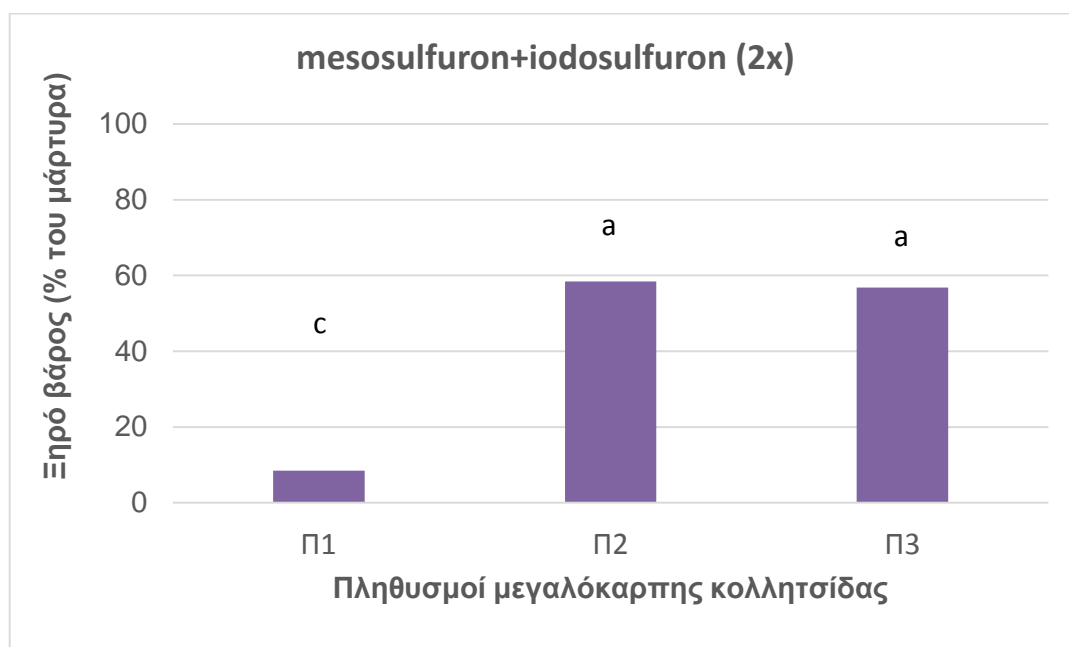


Διάγραμμα 14. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium στη συνιστώμενη δόση (1x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητισίδας (Π1, Π2).

Διπλάσια δόση (2x)

Η εφαρμογή της διπλάσιας δόσης του mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητισίδας κατά 91,5% σε σύγκριση με τον

αφέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 41,6 και 43,2%, αντίστοιχα. Επίσης, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3.

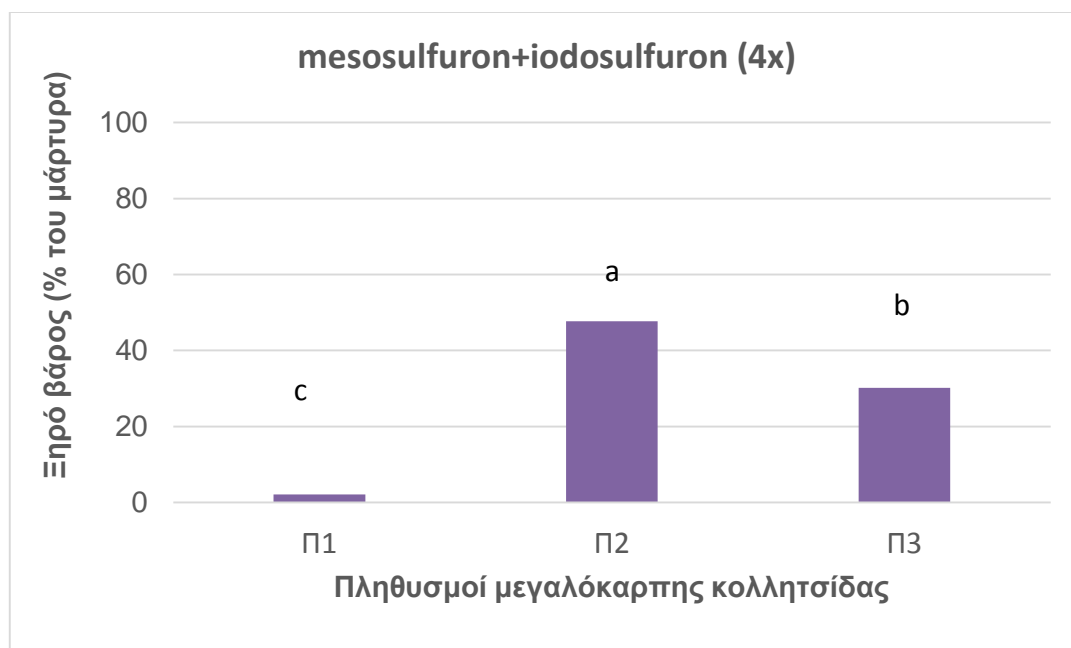


Διάγραμμα 15. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium στη διπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (2x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητισίδας (Π1, Π2).

Τετραπλάσια δόση (4x)

Η εφαρμογή της τετραπλάσιας δόσης του mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητισίδας κατά 97,9% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 52,3 και 69,8%, αντίστοιχα.

Τέλος, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3 όσο και των δύο ανθεκτικών βιοτύπων.

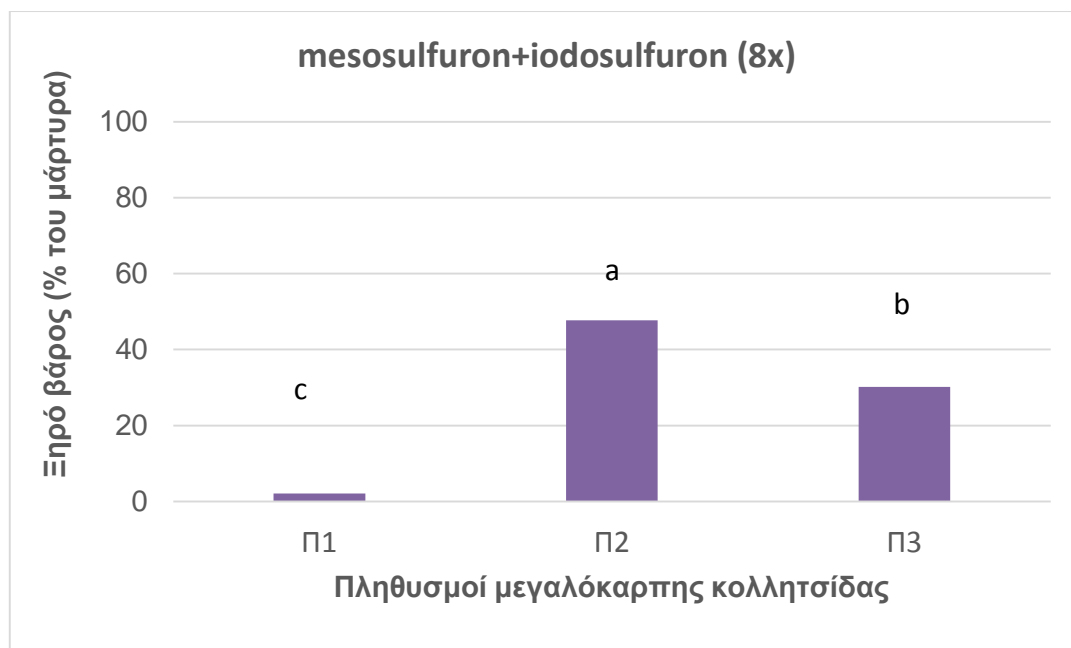


Διάγραμμα 8. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium στην τετραπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (4x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

Οκταπλάσια δόση (8x)

Η εφαρμογή της οκταπλάσιας δόσης του mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 98,2% σε σύγκριση με τον αψέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μικρότερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 55,3 και 73,8%, αντίστοιχα.

Τέλος, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3, καθώς επίσης καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ανθεκτικών βιοτύπων.



Διάγραμμα 16. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium στην οκταπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (8x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

3.2.4. bromoxynil+2,4-D

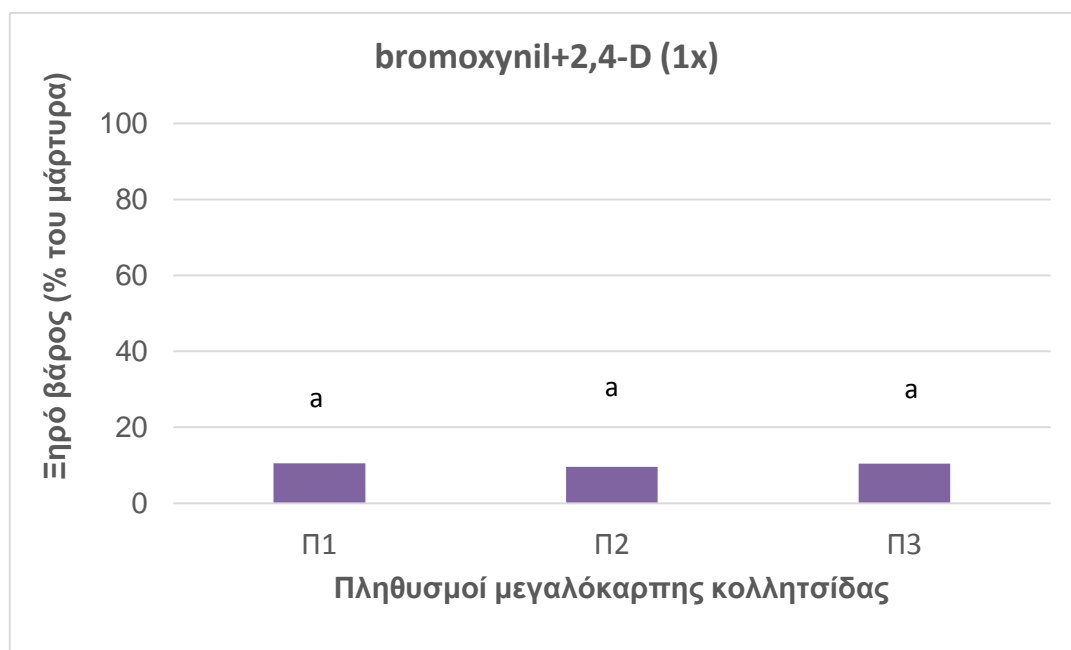
Συνιστώμενη δόση (1x)

Η εφαρμογή της συνιστώμενης δόσης του bromoxynil+2,4-D μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 89,5% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Αντίθετα, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μεγαλύτερη μείωση του ξηρού βάρους κατά 90,4 και 89,9%, αντίστοιχα. Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3.

Διπλάσια δόση (2x)

Η εφαρμογή της διπλάσιας δόσης του bromoxynil+2,4-D μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της

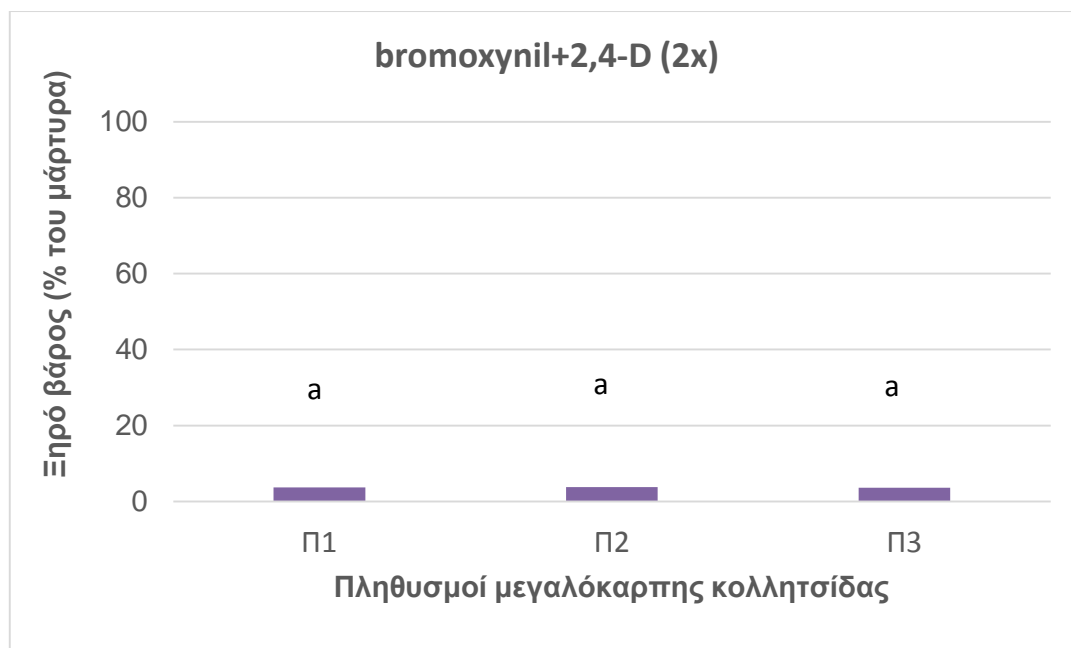
μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 96,3% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Επίσης, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε παρόμοια μείωση του ξηρού βάρους κατά 96,2 και 96,4%, αντίστοιχα. Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3.



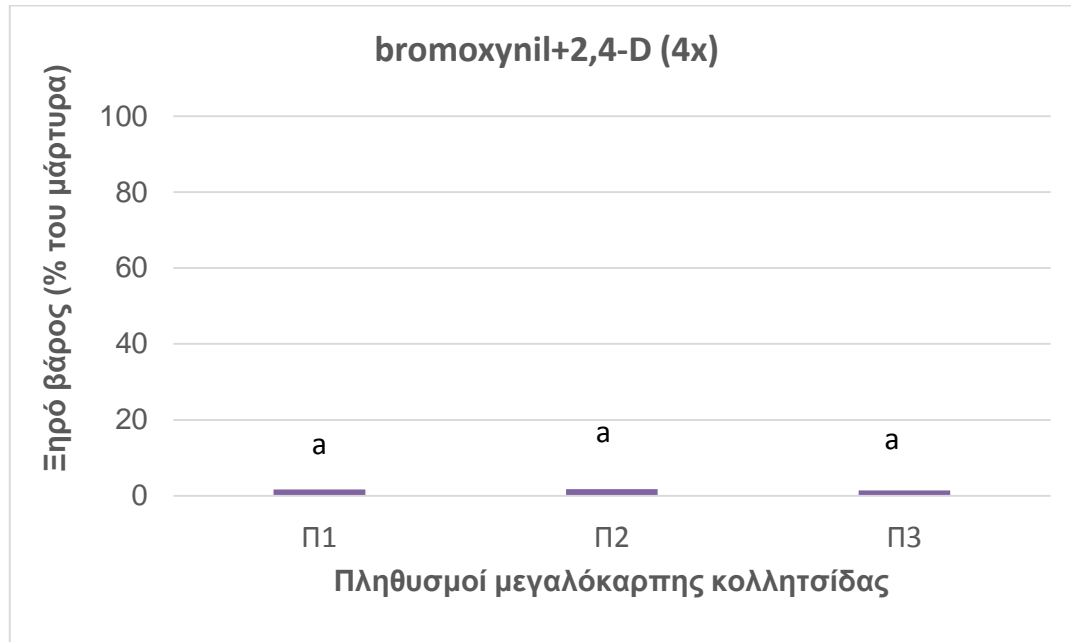
Διάγραμμα 17. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου bromoxynil+2,4-D στη συνιστώμενη δόση (1x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

Τετραπλάσια δόση (4x)

Η εφαρμογή της τετραπλάσιας δόσης του bromoxynil+2,4-D μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 98,3% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Παρομοίως, στους πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μείωση του ξηρού βάρους κατά 98,2 και 98,6%, αντίστοιχα. Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του πληθυσμού Π1 και των πληθυσμών Π2 και Π3.



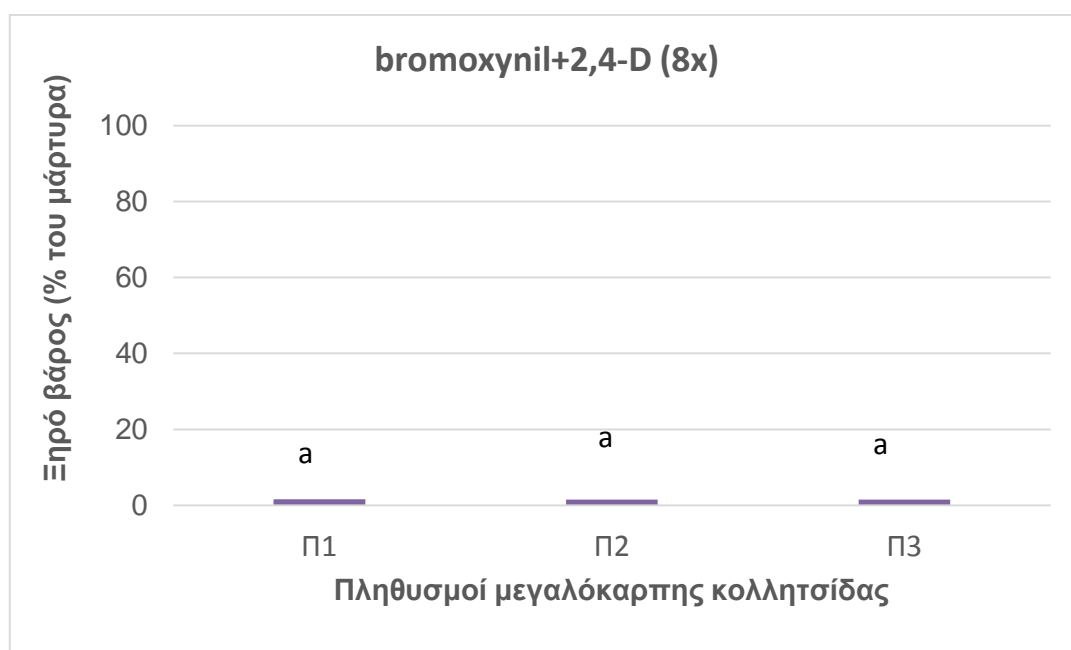
Διάγραμμα 18. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου bromoxynil+2,4-D στη διπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (2x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).



Διάγραμμα 19. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου bromoxynil+2,4-D στην τετραπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (4x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

Οκταπλάσια δόση (8x)

Η εφαρμογή της οκταπλάσιας δόσης του bromoxynil+2,4-D μείωσε την ανάπτυξη των φυτών (ξηρό βάρος) του ευαίσθητου πληθυσμού Π1 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας κατά 98,4% σε σύγκριση με τον αφέκαστο μάρτυρα. Και στους δύο πληθυσμούς Π2, Π3 διαπιστώθηκε μείωση του ξηρού βάρους κατά 98,5%. Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών.



Διάγραμμα 20. Επίδραση του ζιζανιοκτόνου bromoxynil+2,4-D στην οκταπλάσια από τη συνιστώμενη δόση (8x) στο ξηρό βάρος (% του μάρτυρα) ενός ευαίσθητου (Π1) και δύο ανθεκτικών πληθυσμών μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (Π1, Π2).

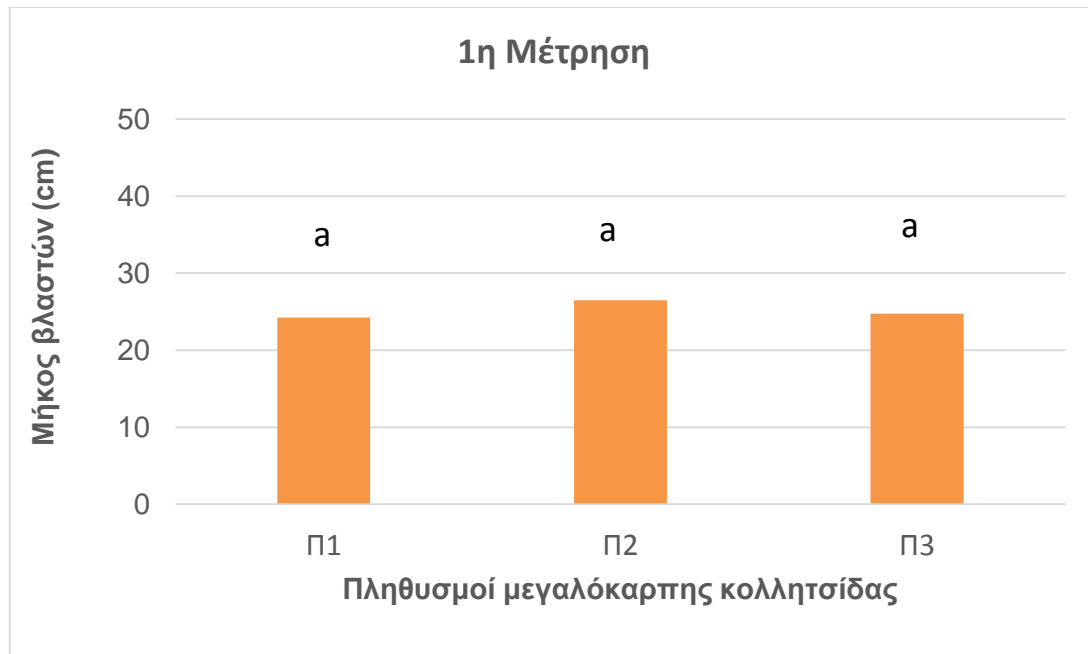
3.3. Ανάπτυξη των τριών πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας

3.3.1. Μήκος βλαστών

1^η Μέτρηση

Κατά την 1^η μέτρηση του μήκους των βλαστών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας το ύψος των φυτών κυμάνθηκε από 24,25 έως 26,5 cm (Εικόνα 13). Το μεγαλύτερο ύψος καταγράφηκε στον ανθεκτικό πληθυσμό Π2, όμως

δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών γι' αυτή την παράμετρο.



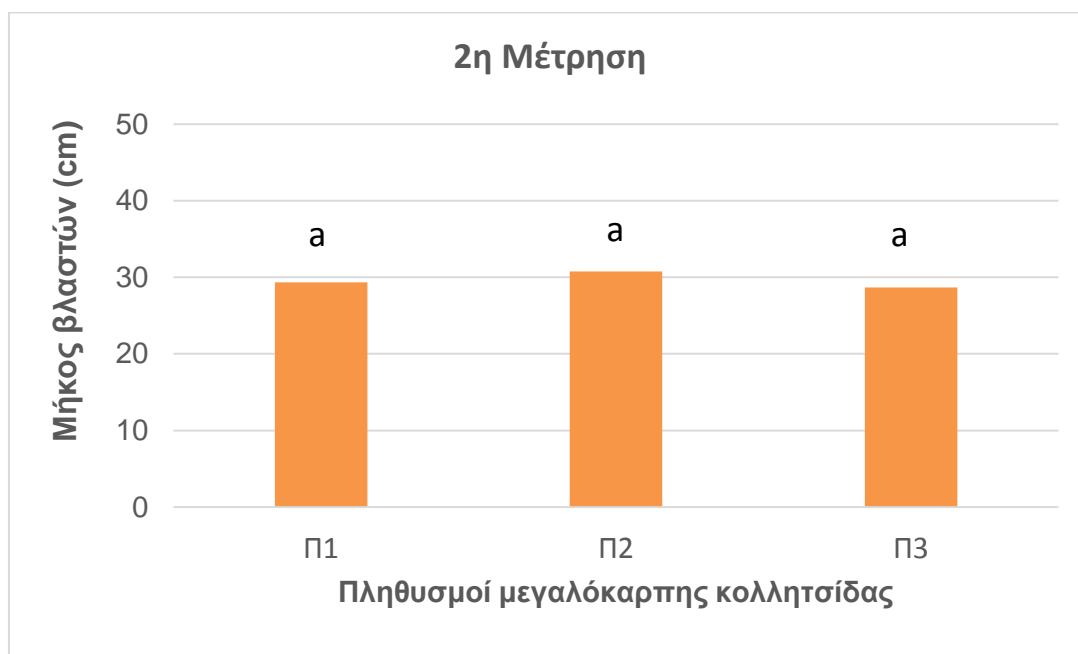
Διάγραμμα 21. Μήκος βλαστών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 28-04-2017.



Εικόνα 13. Ανάπτυξη των τριών πληθυσμών (Π1, Π2, Π3) στον αφέκαστο μάρτυρα στις 28-05-2019.

2^η Μέτρηση

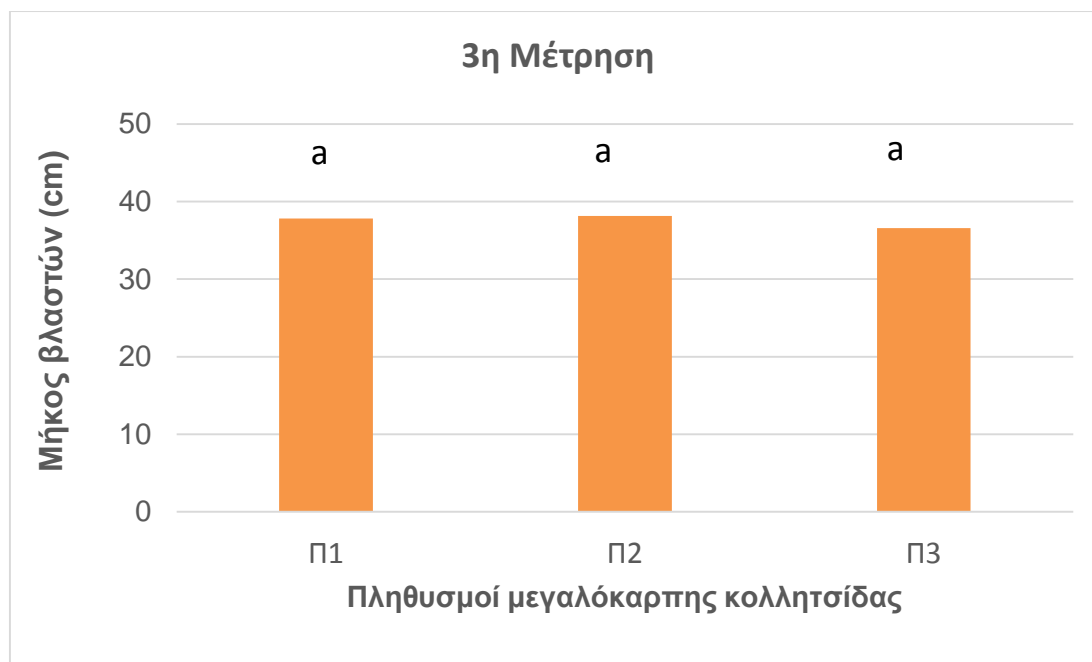
Στην 2^η μέτρηση του μήκους των βλαστών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας που πραγματοποιήθηκε 7 ημέρες αργότερα, το ύψος των φυτών κυμάνθηκε από 28,67 έως 30,75 cm. Το μικρότερο ύψος καταγράφηκε στον πληθυσμό Π1, όμως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών.



Διάγραμμα 22. Μήκος βλαστών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 5-05-2017.

3^η Μέτρηση

Στην 3^η μέτρηση του μήκους των βλαστών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας που πραγματοποιήθηκε 16 ημέρες μετά την 1^η μέτρηση, το ύψος των φυτών κυμάνθηκε από 36,58 έως 38,17 cm. Το μεγαλύτερο ύψος καταγράφηκε στον πληθυσμό Π2, όμως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών.



Διάγραμμα 23. Μήκος βλαστών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 14-05-2017.

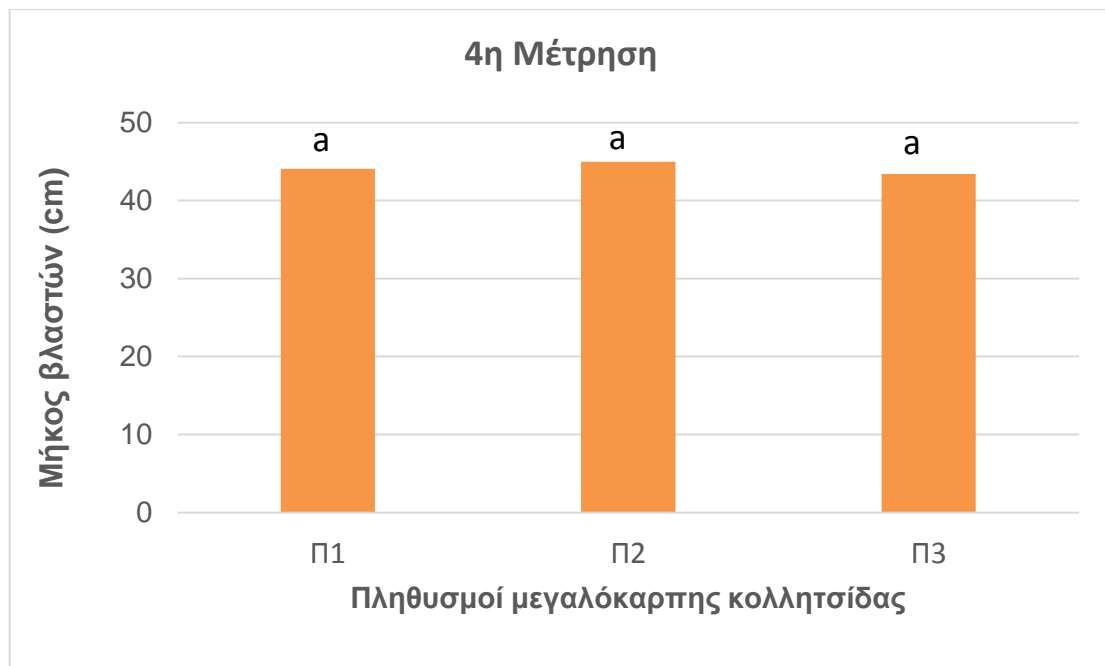
4^η Μέτρηση

Στην 4^η μέτρηση του μήκους των βλαστών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας που πραγματοποιήθηκε 30 ημέρες μετά την 1^η μέτρηση, το ύψος των φυτών κυμάνθηκε από 43,42 έως 45 cm. Το μικρότερο ύψος καταγράφηκε στον πληθυσμό Π3, όμως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών.

3.3.2. Νωπό βάρος φυτών

1^η Μέτρηση

Κατά την 1^η μέτρηση του νωπού βάρους των φυτών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας, το βάρος των φυτών κυμάνθηκε από 2,1 έως 2,33 g. Το μεγαλύτερο βάρος καταγράφηκε στον ευαίσθητο πληθυσμό Π1, όμως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών γι' αυτή την παράμετρο.



Διάγραμμα 24. Μήκος βλαστών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 27-05-2017.



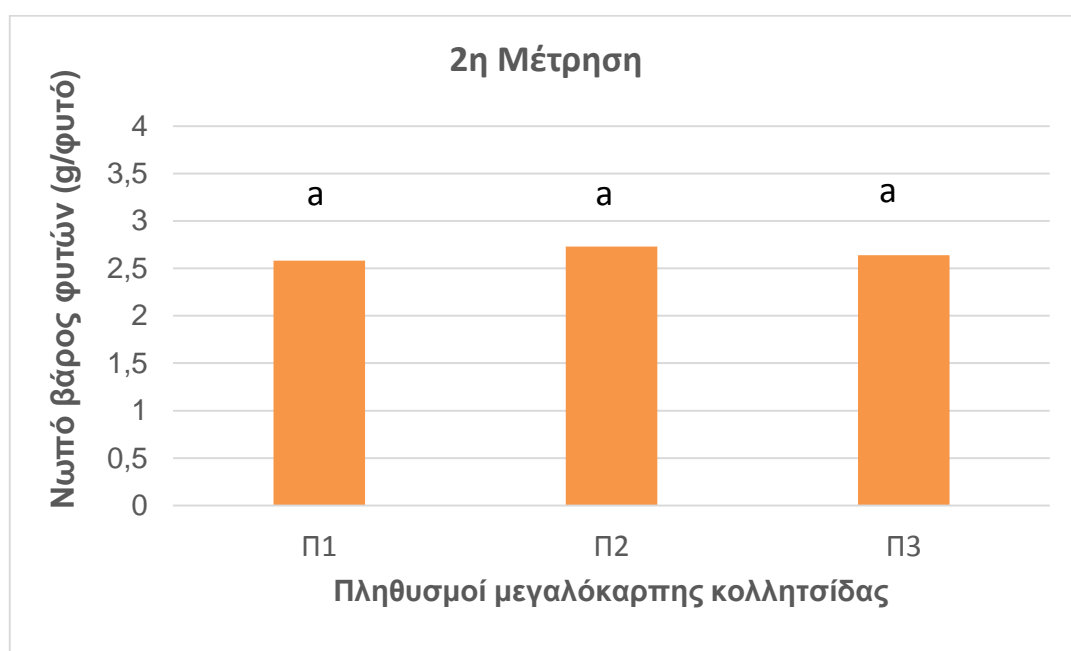
Διάγραμμα 25. Νωπό βάρος των φυτών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 28-04-2017.

2^η Μέτρηση

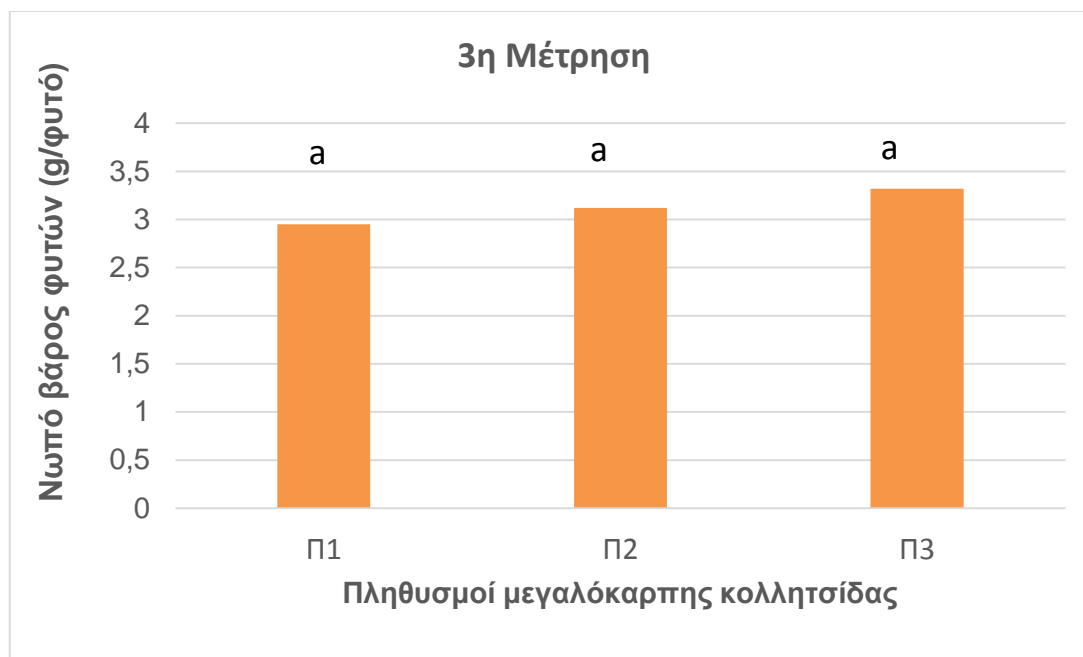
Στην 2^η μέτρηση του νωπού βάρους των φυτών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας, το βάρος κυμάνθηκε από 2,58 έως 2,73 g. Το μικρότερο βάρος καταγράφηκε στον ευαίσθητο πληθυσμό Π1, όμως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών.

3^η Μέτρηση

Στην 3^η μέτρηση του νωπού βάρους της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας, το βάρος των φυτών κυμάνθηκε από 2,95 έως 3,32 g. Το μεγαλύτερο βάρος καταγράφηκε στον πληθυσμό Π3, ωστόσο μεταξύ των τριών πληθυσμών δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.



Διάγραμμα 26. Νωπό βάρος των φυτών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 5-05-2017.



Διάγραμμα 27. Νωπό βάρος των φυτών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 14-05-2017.

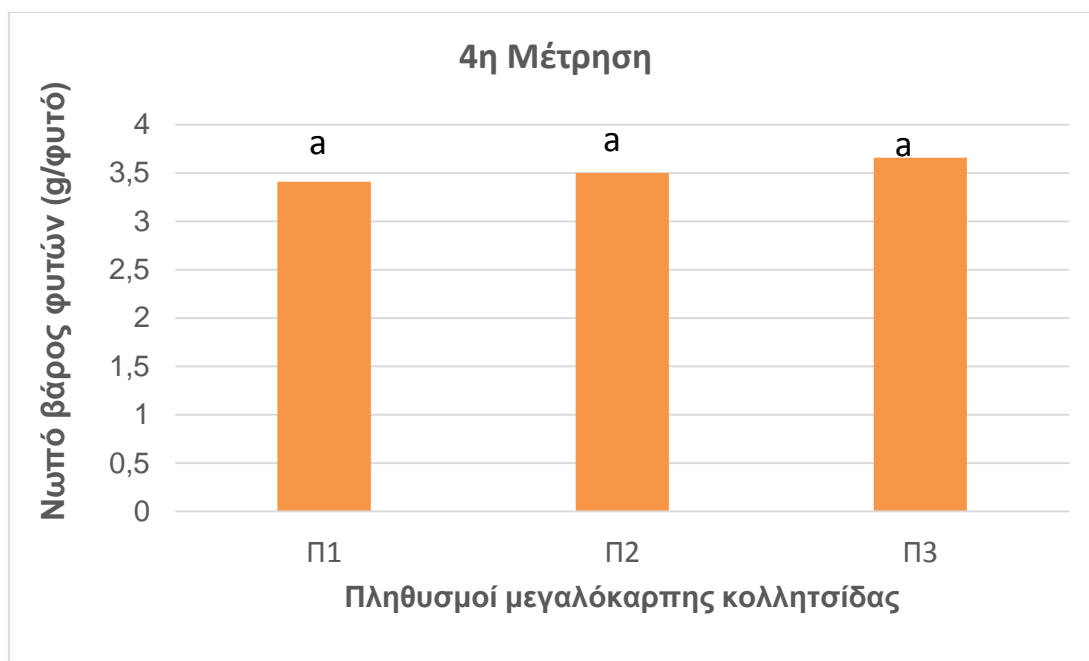
4^η Μέτρηση

Στην 4^η μέτρηση του νωπού βάρους των φυτών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας, το βάρος των φυτών κυμάνθηκε από 3,41 έως 3,66 g. Το μικρότερο βάρος καταγράφηκε στον ευαίσθητο πληθυσμό Π1, όμως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών.

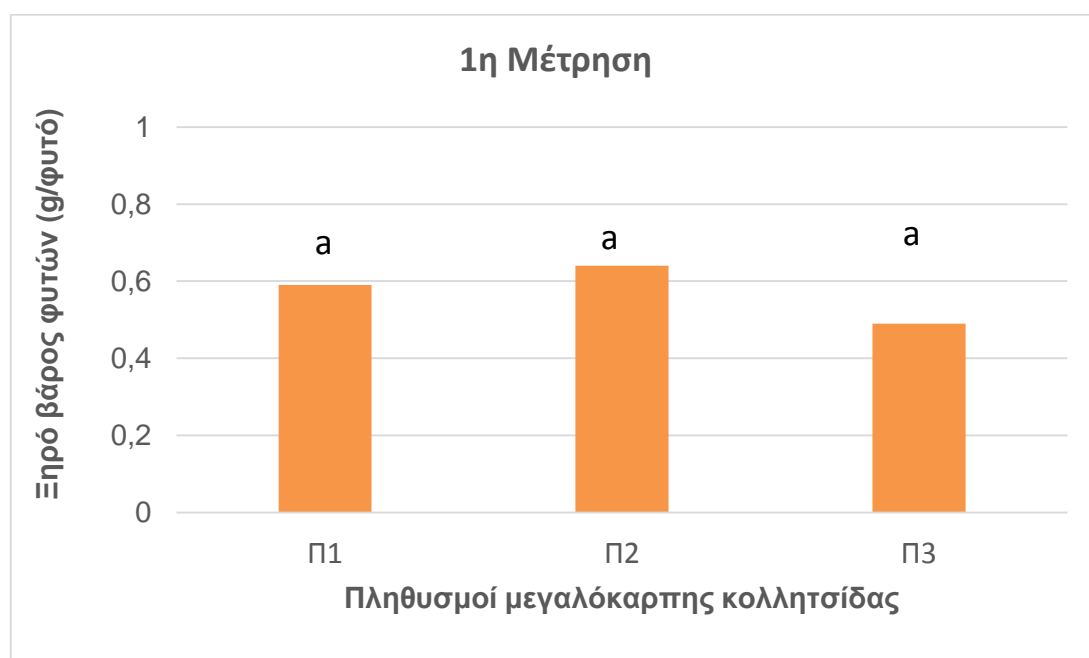
3.3.3. Ξηρό βάρος φυτών

1^η Μέτρηση

Κατά την 1^η μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας, το βάρος των φυτών κυμάνθηκε από 0,49 έως 0,64 g. Το μεγαλύτερο βάρος καταγράφηκε στον πληθυσμό Π2, όμως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών γι' αυτή την παράμετρο.



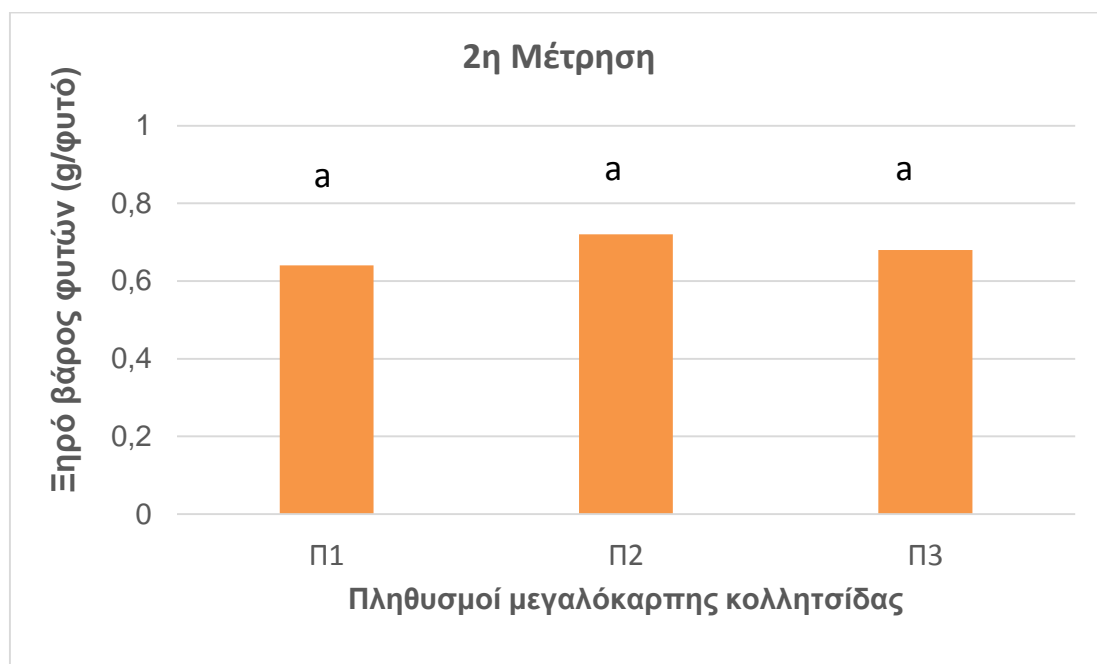
Διάγραμμα 28. Νωπό βάρος των φυτών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 27-05-2017.



Διάγραμμα 25. Ξηρό βάρος των φυτών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 28-04-2017.

2^η Μέτρηση

Κατά την 2^η μέτρηση του ξηρού βάρους της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας, το βάρος των φυτών κυμάνθηκε από 0,64 έως 0,72 g. Το μικρότερο βάρος καταγράφηκε στον πληθυσμό Π1, όμως μεταξύ των τριών πληθυσμών δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.



Διάγραμμα 26. Ξηρό βάρος των φυτών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 5-05-2017.

3^η Μέτρηση

Στην 3^η μέτρηση του ξηρού βάρους της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας, το βάρος των φυτών κυμάνθηκε από 0,77 έως 0,83 g (Εικόνα 14). Το μεγαλύτερο βάρος καταγράφηκε στον πληθυσμό Π2, ωστόσο μεταξύ των τριών πληθυσμών δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

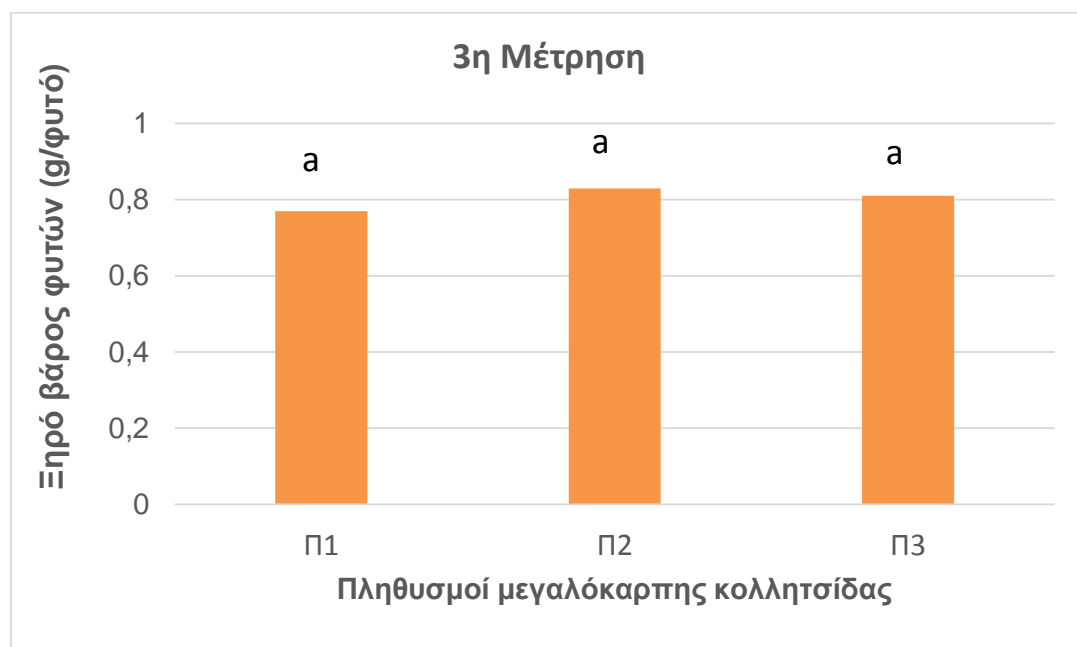
4^η Μέτρηση

Τέλος, στην 4^η μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας, το βάρος των φυτών κυμάνθηκε από 0,87 έως 0,97 g. Το

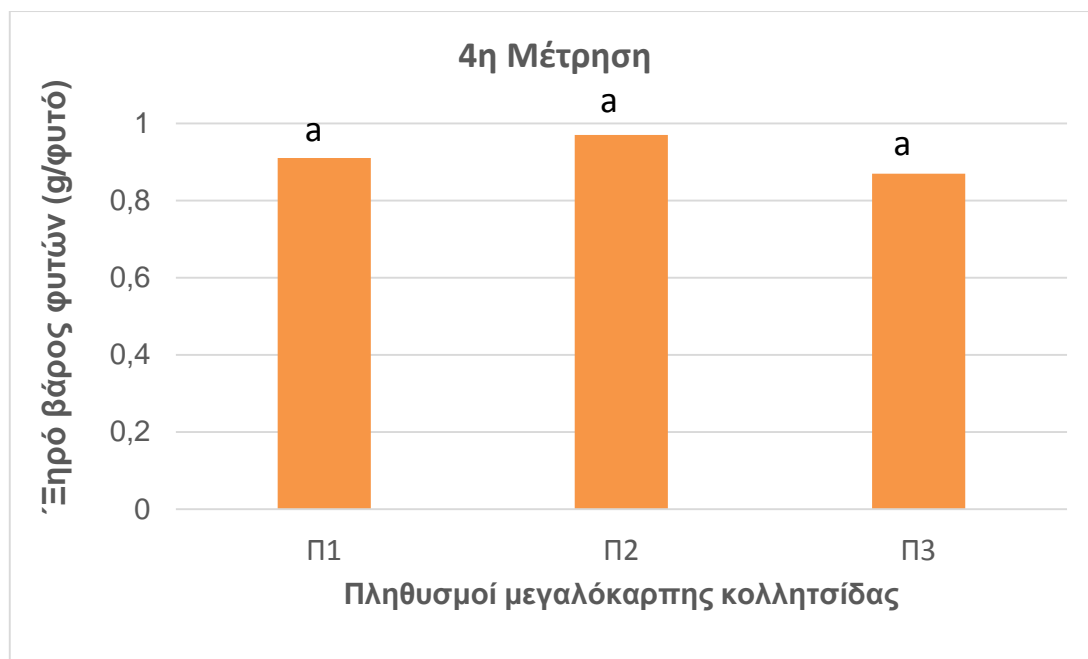
μικρότερο βάρος καταγράφηκε στον πληθυσμό Π3, όμως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών πληθυσμών.



Εικόνα 14. Ανάπτυξη των τριών πληθυσμών (Π1, Π2, Π3) στον αφέκαστο μάρτυρα στις 14-05-2019.



Διάγραμμα 27. Ξηρό βάρος των φυτών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 14-05-2017.



Διάγραμμα 28. Ξηρό βάρος των φυτών των πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας Π1, Π2 και Π3 στις 27-05-2017.

Κεφάλαιο 4^ο: Συζήτηση και Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα κύρια αποτελέσματα του πειράματος, παραθέτοντας σχόλια και τέλος, αναφέρονται τα συμπεράσματα του πειράματος.

4.1 Αξιολόγηση της ανάπτυξης των φυτών τριών πληθυσμών της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας.

Έχει αναφερθεί ότι οι μεταλλάξεις που προσδίδουν ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα μπορεί να προκαλέσουν μείωση της ανάπτυξης των φυτών (fitness cost). Κυρίως αναφέρεται ότι η πολλαπλή ανθεκτικότητα ενδέχεται να μειώσει την ανάπτυξη των φυτών συγκριτικά με εκείνα τα φυτά που έχουν απλή ανθεκτικότητα (Jones et al., 2019). Τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του ευαίσθητου πληθυσμού και των ανθεκτικών πληθυσμών ως προς το ύψος, το νωπό και ξηρό βάρος των φυτών. Σε παρόμοια εργασία οι Van Eerd et al. (2005), εξέτασαν την ανάπτυξη ευαίσθητων και ανθεκτικών βιοτύπων σε διάφορα ζιζανιοκτόνα του *Galium spurium*. Δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των ανθεκτικών και των ευαίσθητων βιοτύπων ως προς την ανάπτυξη τους.

4.2 Αξιολόγηση τριών πληθυσμών του ζιζανίου μεγαλόκαρπη κολλητσίδα ως προς την ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα

Τα αποτελέσματά της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής έδειξαν διαφορές ως προς τον χρόνο εμφάνισης των διαφόρων συμπτωμάτων στις διάφορες επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων. Συγκεκριμένα και οι τρεις πληθυσμοί Π1, Π2 και Π3 της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας παρουσίασαν ευαισθησία στο bromoxynil+2,4-D, ενώ πιο γρήγορη εκδήλωση των συμπτωμάτων παρατηρήθηκε στον ευαίσθητο πληθυσμό Π1. Επίσης, τα αποτελέσματα μας έδειξαν ότι οι βιότυποι Π2 και Π3 ήταν ανθεκτικοί στα ζιζανιοκτόνα που αναστέλλουν το ένζυμο οξικογαλακτική συνθετάση (florasulam, tribenuron-

methyl και mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl-sodium), ενώ το ζιζανιοκτόνο bromoxynil καταπολέμησε αποτελεσματικά όλους τους βιοτύπους

Παρόμοια αποτελέσματα για ανάπτυξη σταυρανθεκτικότητας στο mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl και florasulam+2,4 D έχουν βρεθεί και σε πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί στην Ελλάδα από άλλους ερευνητές. Σύμφωνα με τους Μυλωνά κ.ά. (2019), το 2017 αξιολογήθηκαν ως προς την ένταση ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς της δράσης του ενζύμου οξικογαλακτική συνθάση (ALS) τρεις ανθεκτικοί (R) πληθυσμοί μικρόκαρπης κολλητσίδας (*Galium spurium* L.). Τα ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το florasulam και τα ετοιμόχρηστα μίγματα florasulam+2,4-D και mesosulfuron+iodosulfuron. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ακόμη και στη μέγιστη δόση (16x) των ζιζανιοκτόνων η μείωση του νωπού βάρους δεν ήταν μεγαλύτερη από 50% σε κανέναν από τους τρεις δυνητικά ανθεκτικούς πληθυσμούς. Η διερεύνηση της μοριακής βάσης της ανθεκτικότητας έδειξε ότι η διασταυρωτή ανθεκτικότητα των τριών πληθυσμών στα ζιζανιοκτόνα-αναστολείς της δράσης του ενζύμου ALS οφείλεται σε σημειακή μετάλλαξη του γονιδίου ALS και συγκεκριμένα στη θέση 574 η τρυπτοφάνη αντικαταστάθηκε από λευκίνη.

Επιπροσθέτως, οι Παπαναγιώτου κ.ά. (2018), αξιολόγησαν εννέα πληθυσμούς μικρόκαρπης κολλητσίδας (*Galium spurium* L.) για ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα chlorsulfuron, tribenuron tribenuron + mecoprop-P, florasulam + 2,4-D, florasulam + aminopyralid, florasulam + fluroxypyr. Όλες οι επεμβάσεις των ζιζανιοκτόνων είχαν άριστη δράση εναντίον του ευαίσθητου πληθυσμού. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους έδειξαν ότι ορισμένοι πληθυσμοί μικρόκαρπης κολλητσίδας ανέπτυξαν διασταυρωτή ανθεκτικότητα σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς της δράσης του ενζύμου ALS. Επίσης, οι Καρκάνης κ.ά. (2018) αξιολόγησαν πληθυσμούς μεγαλόκαρπης κολλητσίδας (*Galium aparine* L.) για πιθανή ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα αναστολείς του ενζύμου ALS. Τα ζιζανιοκτόνα που αξιολογήθηκαν ήταν τα florasulam + 2,4-D, iodosulfuron-methyl+mesosulfuron-methyl και tribenuron-methyl. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι οι πληθυσμοί R1, R2 ανέπτυξαν ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα tribenuron-methyl και mesosulfuron-methyl + iodosulfuron-

methyl, ενώ το ζιζανιοκτόνο florasulam + 2,4-D καταπολέμησε αποτελεσματικά τους ανθεκτικούς πληθυσμούς R1 και R2.

Ανάπτυξη ανθεκτικότητας του *G. aparine* στο tribenuron-methyl αναφέρεται στην Κίνα, καθώς το συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για την καταπολέμηση των πλατύφυλλων ζιζανίων από το 1988 (Deng et al., 2019). Οι συγκεκριμένοι ερευνητές σε πειράματα που πραγματοποίησαν διαπίστωσαν ότι 12 πληθυσμοί του *G. aparine* εμφάνισαν διαφορετικά επίπεδα ανθεκτικότητας (2,92 έως 842,41 φορές) στο tribenuron-methyl συγκριτικά με τον ευαίσθητο πληθυσμό. Πέντε διαφορετικές μεταλλάξεις (Pro-197-Leu, Pro-197-Ser, Pro-197-His, Asp-376-Glu, και Trp-574-Leu) στο ένζυμο ALS παρατηρήθηκαν. Ανάπτυξη ανθεκτικότητας στο συγκεκριμένο ζιζανιοκτόνο έχει παρατηρηθεί και σε άλλα ζιζάνια. Στην Ελλάδα, οι Kaloumenos και Eleftherohorinos (2008), αναφέρουν ότι σε πειράματα που πραγματοποίησαν για την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας στο tribenuron πληθυσμών παπαρούνας βρέθηκε ότι όλοι οι πληθυσμοί που εξετάστηκαν ήταν ευαίσθητοι στο 2,4-D+bromoxynil, ενώ οι αντικαταστάσεις της Pro197 από Ala, Ser, Arg ή Thr οδήγησε σε υψηλή σταυρανθεκτικότητα στις σουλφονουλουργίες (tribenuron, chlorsulfuron, iodosulfuron + mesosulfuron, triasulfuron). Τα ζιζανιοκτόνα 2,4-D και bromoxynil μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτική λύση καθώς είναι πολύ αποτελεσματικά εναντίον των ανθεκτικών πληθυσμών παπαρούνας στην Ελλάδα (Kaloumenos et al., 2011).

4.3 Συμπεράσματα

Από την παραπάνω παράθεση των αποτελεσμάτων και βιβλιογραφίας μπορούμε να καταλήξουμε στα εξής συμπεράσματα:

- Η ανάπτυξη ανθεκτικότητας δεν επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη της μεγαλόκαρπης κολλητσίδας.
- Οι ανθεκτικοί και οι ευαίσθητοι βιότυποι εμφάνισαν διαφορές στον χρόνο εκδήλωσης των συμπτωμάτων στις διάφορες επεμβάσεις των συγκεκριμένων ζιζανιοκτόνων.

- Στις υψηλές δόσεις παρατηρήθηκε πιο γρήγορη εμφάνιση των συμπτωμάτων.
- Η μεγαλόκαρπη κολλητσίδα καταπολεμήθηκε αποτελεσματικά από το ζιζανιοκτόνο bromoxynil+2,4-D.
- Οι πληθυσμοί Π2 και Π3 ανέπτυξαν σταυρανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα mesosulfuron-methyl+iodosulfuron-methyl, florasulam και tribenuron-methyl.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Γιαννοπολίτης Γ. (1994). Εχθροί, ασθένειες και ζιζάνια των καλλιεργειών της Ελλάδας: Κολλητσίδα (*Galium spp.*) Γεωργία Κτηνοτροφία 3, 71-72.

Ελευθεροχωρινός Η.Γ. (2008). Ζιζανιολογία 3^η έκδοση, Αγρότυπος. Αθήνα, σελ. 279-283.

Ζιώγας Β. και Μαρκόγλου Α. (2010). Γεωργική Φαρμακολογία. *Βιοχημεία, Φυσιολογία, Μηχανισμοί Δράσης και Χρήσεις των Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων*. 2^η έκδοση. Αθήνα, σελ.591-657.

Καρκάνης Α., Αντωνόπουλος Μ. και Μπιλάλης Δ. (2017). Αξιολόγηση πληθυσμών του ζιζανίου *Galium aparine* για πιθανή ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς του ενζύμου ALS. Πρακτικά 19ου Συνεδρίου της Ελληνικής Ζιζανιολογικής Εταιρίας. 29-31 Μαρτίου, Ορεστιάδα. σελ. 11.

Λόλας Π.Χ. (2014). Ζιζάνια. Αναγνώριση, Μορφολογία, Βιολογία, Κατάταξη, Ζημίες, Ωφέλειες, Διαχείριση. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας. Βόλος.

Μυλωνάς Φ.Ν., Κατή Β., Ελευθεροχωρινός Η.Γ., Pernin F., Délye C. (2019). Ανθεκτικότητα πληθυσμών *Galium spurium* σε ζιζανιοκτόνα-αναστολείς της δράσης του ενζύμου ALS και αλληλούχηση του als γονιδίου. Πρακτικά 20ου Συνεδρίου της Ελληνικής Ζιζανιολογικής Εταιρίας. 4 & 6 Απριλίου, Αγρίνιο. σελ. 72.

Παπαπαναγιώτου Α., Μενεξές Γ. και Ελευθεροχωρινός Η. (2017). Πληθυσμοί μικρόκαρπης κολλητισίδας και μπιφόρας ανθεκτικοί σε ζιζανιοκτόνα αναστολείς του ενζύμου ALS. Πρακτικά 19ου Συνεδρίου της Ελληνικής Ζιζανιολογικής Εταιρείας. 29-31 Μαρτίου, Ορεστιάδα. σελ. 28.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Azcarate M.P., Montoya J.C. and Koskinen, W.C. (2015). Sorption, desorption and leaching potential of sulfonylurea herbicides in Argentinean soils. *Journal of Environmental Science & Health, Part B -- Pesticides, Food Contaminants, & Agricultural Wastes* 50, 229-237.

Aziz A., Tanveer A., Ali A. and Yaseen M. (2009). Density dependent interactions between cleavers (*Galium aparine*) and wheat (*Triticum aestivum*) planted at different times. *Pakistan Journal of Agricultural Science* 46, 258-265.

Bauer G., Klein M.C., Gorb S.N., Speck T., Voigt D. and Gallenmüller F. (2011). Always on the bright side: the climbing mechanism of *Galium aparine*. *Proc Biol Sci* 278, 2233-2239.

Beckie H.J. and Tardif F.J. (2012). Herbicide cross resistance in weeds. *Crop Protection*. 35, 15-28.

Beckie H.J., Harker K.N. and Hall L.M. (2006). A decade of herbicide-resistant crops in Canada. *Canadian Journal of Plant Science* 86, 1243-1264.

Beckie H.J., Warwick S.I., Sauder, C.A., Kelln G.M. and Lozinski C. (2012). Acetolactate Synthase Inhibitor-Resistant False Cleavers (*Galium spurium*) in Western Canada. *Weed Technology* 26, 151-155.

Boer G.J., Thornburgh S. and Her R.J. (2006). Uptake, translocation and metabolism of the herbicide florasulam in wheat and broadleaf weeds. *Pest Management Science* 62, 316-324.

Bokhari J., Khan M.R., Shabbir M., Umbreen Rashid U. , Jan S. and Zai J.A. (2013). Evaluation of diverse antioxidant activities of *Galium aparine*.

Spectrochimica Acta A Molecular and Biomolecular Spectroscopy 102 :24–29.

- Boschin G., Agostina D.A., Antonion C., Locati D. and Arnoldi A. (2007). Hydrolytic degradation of azimsulfuron, a sulfonylurea herbicide. *Chemosphere* 68, 1312-1317.
- Broster, J. C., Pratley, J., Ip, R. H. L., Ang, L. and Seng, K. P. (2019). Cropping practices influence incidence of herbicide resistance in annual ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia. *Crop and Pasture Science* 70, 283-293.
- Choe M., Choe W., Lee I., Wu M., Liu S. (2015). Computational analysis of mutated AHAS in response to sulfonylurea herbicides. *Weed Research* 55, 359-369.
- DeFelice M.S. (2002). Catchweed bedstraw or cleavers, *Galium aparine* L.--a very "sticky" subject. *Weed Technology* 16, 467–472.
- Dekker J. and Duke S.O. (1995). Herbicide-Resistant Field Crops. *Advances in Agronomy* 54, 69-116.
- Deng W., Di Y, Cai J., Chen Y. and Yuan S. (2019). Target-Site Resistance Mechanisms to Tribenuron-methyl and Cross-resistance Patterns to ALS-inhibiting Herbicides of Catchweed Bedstraw (*Galium aparine*) with Different ALS Mutations. *Weed Science* 67, 183-188.
- DiTomaso J.M. (2014). Importance of herbicide resistance in weeds of natural areas. *California Agriculture* 68, 149.
- Duman F., Urey E., Temizgul R. and Bozok F. (2010). Biological responses of a non-target aquatic plant (*Nasturtium officinale*) to the herbicide, tribenuron-methyl. *Weed Biology and Management* 10, 81-90.
- Fu D., Shafi J., Zhao B., Li X., Zhu X., Wei S. and Ji M. (2017). Bensulfuron-methyl resistant *Sagittaria trifolia* L.: multiple resistance, cross-resistance and molecular basis of resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides. *Archives of Biological Sciences*. Vol. 69, 649-658.

- Goodman A.M. (2005). Mechanical Adaptations of Cleavers (*Galium aparine*). *Annals of Botany* 95, 475–480.
- Headley J.V., Du J.L., Peru K.M., McMartin D.W. (2010). Mass spectrometry of the photolysis of sulfonylurea herbicides in prairie waters. *Mass Spectrum* 29, 593-605.
- Heap I. (2014). Global perspective of herbicide-resistant weeds. Special Issue: Global Herbicide Resistance Challenge. *Pest Management science* 70, 1305-1436.
- Heap I. (2018). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds.
- Jackson R., Ghosh D. and Paterson G. (2000). The soil degradation of the herbicide florasulam. *Pest Management Science* 56, 1065-1072.
- Johnson T.C., Mann R.K., Schmitzer P.R and Gast R.E. (2012). *Bioactive Heterocyclic Compound Classes: Agrochemicals*. Chapter 4: Acetohydroxyacid Synthase Inhibiting Triazolopyrimidine Herbicides.
- Jones E.A.L., Owen M.D.K. and Leon R.G. (2019). Influence of multiple herbicide resistance on growth in *Amaranthus tuberculatus*. *Weed Research* 59, 235-244.
- Kaloumenos N.S., Adamouli V.N and Dordas C.A. (2011). Corn poppy (*Papaver rhoeas*) cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides. *Pest management science* 67, 574-585.
- Kaloumenos, N.S. and Eleftherohorinos I. (2008). Corn poppy (*Papaver rhoeas*) resistance to ALS-inhibiting herbicides and its impact on growth rate. *Weed Science* 56, 789-796.
- Kudsk P. and Streibig, J.C. (2003). Herbicides – a two-edged sword. *Weed Res* 43, 90-102.
- Kukorelli G., Reisinger P. and Pinke G. (2013). ACCase inhibitor herbicides - selectivity, weed resistance and fitness cost: a review. *International Journal of Pest Management* 59, 165-173.

- Liu W., Bai S., Jia S., Guo W., Zhang L., Li W. and Wang J. (2017). Comparison of ALS functionality and plant growth in ALS-inhibitor susceptible and resistant *Myosoton aquaticum* L. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 142, 111-116.
- Marshall R., Hull R. and Moss S.R. (2010). Target site resistance to ALS inhibiting herbicides in *Papaver rhoeas* and *Stellaria media* biotypes from the UK. ALS-resistant broad-leaved weeds. *Weed Research* 50, 621–630.
- Mennan H., Jens C. Streibig, J.C., Ngouajio M. and Cankaya S. (2011). Response of two catchweed bedstraw (*Galium aparine*) populations to post-emergence herbicides in winter wheat. *International Journal of Pest Management* 57, 347–356.
- Moore R.J. (2011). The *Galium aparine* complex in Canada. *Canadian Journal of Botany* 53, 877-893.
- Nielsen M.KK., Holtze M.S., Svensmark B., Juhler R.K. (2007). Demonstrating formation of potentially persistent transformation products from the herbicides bromoxynil and ioxynil using liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). *Pest management science* 63, 141-149.
- Noshadi M. and Dastranj M. (2017). Tribenuron-Methyl Herbicide Decontamination using Vetiver Grass and its Distribution through Soil Profile. *Open Access Journal of Toxicol* 2, 1.
- Ntoanidou S., Kaloumenos N., Diamantidis G., Madesis P. and Eleftherohorinos I. (2016). Molecular basis of *Cyperus difformis* cross-resistance to ALS-inhibiting herbicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 127, 1-94.
- Peng X.G., Wang J.X., Duan M. and Yang J.H. (2008). The resistance to tribenuron-methyl in *Galium aparine* in winter wheat fields in northern China. *Acta Phytopylacica Sinica* 35, 459-462.
- Plimmer J. and Gammon D. (2003). Herbicides: Sulfonylureas. *Encyclopedia of Agrochemicals*.

- Plimmer J.R., Bradow J.M., Dionigi C.P., Richard M. Johnson R.M., Wojkowski S. and Othmer K. (2004). *Herbicides. Encyclopedia of Chemical Technology*.
- Puła J., Barabasz-Krasny B., Możdżeń K., Sołtys-Lelek A. and Lepiarczyk A. (2016). Effect of Aqueous Extracts of Sticky Willy (*Galium aparine* L.) on the Growth of Seedlings of Selected Maize Varieties (*Zea mays* L.) *Not Bot Horti Agrobo* 44, 518-524.
- Sarmah A.K and Sabadie J. (2002). Hydrolysis of Sulfonylurea Herbicides in Soils and Aqueous Solutions: a Review. *J. Agric. Food Chem* 50, 6253–6265.
- Shi G., Liu Z., Zhao W., Liu Y., Tian X. (2016). Separation and purification and in vitro anti-proliferative activity of leukemia cell K562 of *Galium aparine* L. petroleum ether phase. *Saudi Pharmaceutical Journal* 24, 241-244.
- Steinbrecher T., Gallenmüller F. and Speck T. (2011). Effects of staking and shading on three climbing species with different attachment modes. *Plant Divers. Evol* 129, 1–20.
- Sun J.A., Wang J.X., Zhang H.J., Liu J.L. and Bian S.N. (2011). Study on Mutations in ALS for Resistance to Tribenuron-Methyl in *Galium aparine* L. *Agricultural sciences in China* 10, 86-91.
- Tobyn G., Denham A. and Whitelegg M. (2011). *The Western Herbal Tradition*. CHAPTER 17 - *Galium aparine*, goosegrass . Elsevier, London.
- Van Eerd L.L., Stephenson G.R., Kwiatkowski J., Grossmann K. and Hall J.C. (2005). Physiological and biochemical characterization of quinclorac resistance in a false cleavers (*Galium spurium* L.) biotype. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 1144-1151.
- Vrbničanin S., Danijela Pavlović D. and Dragana Božić D. (2017). Weed Resistance to Herbicides, Herbicide Resistance in Weeds and Crops. Available at: <<https://www.intechopen.com/books/herbicide-resistance-in-weeds-and-crops/weed-resistance-to-herbicides>> [Accessed 28 March 2019]

Yu Q. and Powles S.B. (2014). Metabolism-Based Herbicide Resistance and Cross-Resistance in Crop Weeds: A Threat to Herbicide Sustainability and Global Crop Production. *American Society of Plant Biologists* 166, 1106-18.

Yu Q. and Powles S.B. (2014). Resistance to AHAS inhibitor herbicides: current understanding. *Pest Management Science* 70, 1340-50.3